

Н. ОДНОРАЛОВ

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА
В ДЕКОРАТИВНОМ
ИСКУССТВЕ

Москва
«Искусство»
1974

Допущено Управлением кадров и учебных заведений Министерства культуры СССР в качестве учебного пособия для художественных вузов и училищ.

В книге описывается техника репродукции методом гальвы пластики художественной скульптуры всех видов — от монументальной круглой скульптуры до медальерной. Описываются способы изготовления форм, ряд специальных приемов использования гальвы пластики; указываются способы декоративной отделки металлических скульптуры и художественных изделий из металла; приведены новые теоретические сведения о гальванотехнике.

Рассмотрены сохранившиеся наиболее интересные исторические образцы русской и современной гальванопластической скульптуры

Книга предназначена для скульпторов, студентов художественных и архитектурных вузов и техникумов и работников художественной промышленности.

Издание второе, дополненное

ОТ АВТОРА

Гальванопластика была открыта выдающимся русским ученым, действительным членом Российской Академии наук Борисом Семеновичем Якоби в середине XIX века. Вскоре после этого открытия в Петербурге впервые в мире было организовано крупное промышленное гальванопластическое предприятие — завод по изготовлению монументальной скульптуры. Но в условиях дореволюционной России крупное открытие русского ученого было принесено в жертву капиталистам, которые, получив огромные прибыли в период грандиозного строительства Исаакиевского собора и других архитектурных сооружений того времени, ликвидировали завод, распродав его по частям.

В последующие годы применение гальванопластики ограничивалось почти исключительно техническими целями; лишь мелкие кустарные мастерские использовали ее как ценнейший способ воспроизведения художественно-декоративных изделий.

В далекие времена раннего развития художественного литья скульптор был одновременно и литейщиком, так как процесс литья был тогда неотъемлемо связан с процессом художественного творчества. Такая связь обеспечивала гармонию между замыслом художника и осуществлением его в металле, но требовала от художника огромной затраты времени и сил. Современному скульптору уже не приходится самому воспроизводить в металле свои творения. Он воплощает свой замысел в пластических материалах, воспроизведение же в металле передано в руки техников. Современные мастера художественного литья призваны быть хранителями творческого замысла скульптора, обладать чутьем художника, способностью с полным пониманием осуществлять замысел автора в металле.

К качеству современного художественного литья предъявляются особенно высокие требования, так как для скульптора стали привычными точность отделки деталей произведения и безукоризненная передача фактуры, особенно в скульптуре, предназначенной для зрительного восприятия на близких расстояниях. Наибольшей точности требуют портретные работы в круглой, барельефной и особенно в медальерной скульптуре.

Литье в землю и даже литье по восковой модели не могут удовлетворить высоким художественным требованиям, так как необходимые последующие чеканые и другие работы отделяют репродукцию от оригинала скульптора. Метод прецизионного литья, внедренный в настоящее время в советской художественной промышленности и достигший успехов в области техники репродуцирования скульптур, повысил точность передачи оригинала. Однако ни прецизионное литье, ни любой из других видов современного литья, применяемый в художественной промышленности, не может сравниться по точности репродуцирования с техникой гальванопластики, безукоризненно передающей все тонкости оригинала и тем сохраняющей всю специфику мастерства скульптора.

Гальванопластический метод репродуцирования скульптуры — пока единственное средство, при помощи которого можно достичь полного сходства оригинального произведения скульптора с воплощением его в металле. Поэтому гальванопластика наряду с художественным литьем все больше завоевывает право на широкое промышленное применение и может стать одним из главных технических средств, используемых для воспроизведения монументальной скульптуры.

Преимущество этого метода заключается, между прочим, и в том, что он дает возможность получать облегченную скульптуру с любой толщиной стенок, снижая расход металла, упрощая монтаж и облегчая нагрузку на строительные конструкции, что особенно важно для применения гальваноскульптуры в архитектуре.

Описания способов репродуцирования скульптурных произведений в металле, приводимые в данной книге, основываются в значительной мере на опыте автора, работающего над внедрением гальванопластики в скульптуру.

Настоящая работа по художественной гальванопластике является попыткой осветить некоторые технологические принципы, применяемые при репродуцировании скульптуры, и сможет послужить кратким руководством для скульпторов и работников художественной металлообрабатывающей промышленности, а также для студентов художественных учебных заведений, готовящих скульпторов и художников по обработке металла.

ГЛАВА I

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Изобретение, первое применение и усовершенствование гальванопластики

ИЗОБРЕТЕНИЕ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

До открытия гальванопластики в русской науке был сделан ряд крупнейших открытий, которые послужили основой для изобретения, сделанного академиком Якоби.

Около сорока лет производились изыскания в области электролиза известным русским ученым В. В. Петровым (1762—1834), который первый построил в 1802 г. мощную гальваническую батарею. Он провел также важные исследования в области электролитического получения ртути, свинца, олова, электролиза воды и органических соединений.

Выдающийся русский ученый Борис Семенович Якоби занимался исследованием законов электролиза в связи с изучением физического и химического действия электрического тока, главным образом для создания новых его источников, а также улучшения существовавших в то время гальванических элементов.

Проводя исследовательную работу по усовершенствованию электродвигателя, телеграфа и мины-торпеды, Б. С. Якоби во время одного из своих опытов с гальваническими элементами в 1836 г. открыл способность отделения электролитически осажденной меди из раствора медного купороса.

Этот процесс был назван гальванопластикой, так как осаждаемая в процессе электролиза медь пластически точно воспроизводит форму пластинки, на которую осаждалась.

Только в 1838 г. Якоби официальным письмом на имя неперменного секретаря Академии наук Фусса в следующих словах сообщил об открытии гальванопластики:

«Позволю себе передать при сем искусственное гальванопластическое произведение, с покорнейшей просьбою сообразовать представить его Академии как доказательство, что гальванизм не только в состоянии приводить в движение машины, но имеет также свою эстетическую, или, вернее, художественную, сторону. Что не удалось многократным стараниям медно-граверного искусства — производить рельефно вырезанные металлические доски, — то сумело совершить тихое творчество природы.

При чистке гальванических приборов мне не раз случалось замечать, что осадившаяся на медном полюсе медь могла быть снимаема в совершенно связанных пластинках, вроде того образчика, который я позволил себе при сем приложить. В то же время я замечал и то обстоятельство, что на этих осаждаемых медных пластинках воспроизводились в обратном виде все случайные шероховатости, следы молотка, напильника и т. п. Это было действительно любопытно, так как свидетельствовало о большом спокойствии и постоянстве означенного молекулярного действия. За сим уже, понятно, должно было явиться, так сказать само собою, желание испытать, что станется с гравированной медной пластинкой, если ввести такую в voltaическую комбинацию вместо обыкновенной пластинки. Результат оказался, как можно было ожидать, благоприятным в отношении резкости и точности воспроизведенных линий, но неблагоприятным в том отношении, что не удалось в целости отделить нарощенный осадок от гравированной медной пластинки...»

«...Я не сомневаюсь, что если бы заняться этим делом, было бы возможным производить по этому способу рельефные медные доски для тиснения, подобные тому, как печатают гравюры на дереве; тут была бы еще и та выгода, что самые шгемпельные доски возможно производить в неограниченном количестве, для чего потребовалась бы только одна гравировальная модель...»¹

За изобретение гальванопластики Якоби получил Демидовскую премию Академии наук (отзыв о работе Якоби был представлен по поручению Академии Э. Х. Ленцем).

С тех пор гальванопластика получила самое широкое распространение. Первое в мире электрохимическое и электрометаллургическое промышленное производство возникло в России в 1844 г.²

Сообщение об изобретении Якоби было опубликовано в 1838 г. в «С.-Петербургской газете»³ под названием «О новом открытии, сделанном профессором Якоби». В 1840 г. Б. С. Якоби издал свой труд под названием «Гальванопластика, или Способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов с помощью гальванизма». Вскоре после издания этого труда Якоби получил ряд восторженных отзывов о своем открытии от выдающихся мировых ученых, в том числе от Фарадея⁴.

Способ покрытия медью непроводников также принадлежит Б. С. Якоби. При испытании керамических сосудов, применявшихся в гальванических батареях, Якоби графитовым карандашом делал на них пометки и обратил внимание на то, что буквы, написанные графитом, покрылись медью.

¹ «Записки Русского технического общества», 1889, т. XXIII, № 4, стр. 9—11.

² В Англии и Америке электрометаллургия стала применяться только с 1867 г., а в других странах еще позднее.

³ «С.-Петербургская газета», 1838, 24 декабря с/с, № 291.

⁴ Письма опубликованы в «Записках Русского технического общества» за 1889 г. (т. XXIII, № 4).



1. Аполлон. Гальваноскульптура. 1851 г. Скульптор Ф. Г. Гордеев



2. Силен с Дионисом. Гальваноскульптура. 50-е годы XIX века

В начале 40-х гг. XIX в. в Петербурге на Васильевском острове в здании Министерства финансов Якоби устроил специальную мастерскую, предназначенную для демонстрации технологии гальванопластики.

В 1839 г. Якоби усовершенствовал способ гальванопластического отложения меди, применив растворимый медный анод, что позволило поддерживать постоянство концентрации электролита. Благодаря этому усовершенствованию появилась гальванопластическая ванна.

ПЕРВОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Близкий к царскому двору герцог Лейхтенбергский увидел большие возможности применения гальванопластики и уже в 1844 г. организовал в Петербурге за Нарвской заставой, в здании, где позже помещалась таможня, «гальванопластическое заведение», в котором насчитывалось до 2500 рабочих. Он писал об этом:

«Я устроил в С.-Петербурге заведение, в котором изготовляются всякого рода предметы гальванопластическим способом... Цель этого заведения — дать гальванопластике на самой родине ее, в России, возможность применения в больших размерах со всеми теми успехами, которые она сделала со дня своего рождения, и довести ее до самой высшей степени совершенства в артистическом и промышленном отношении».

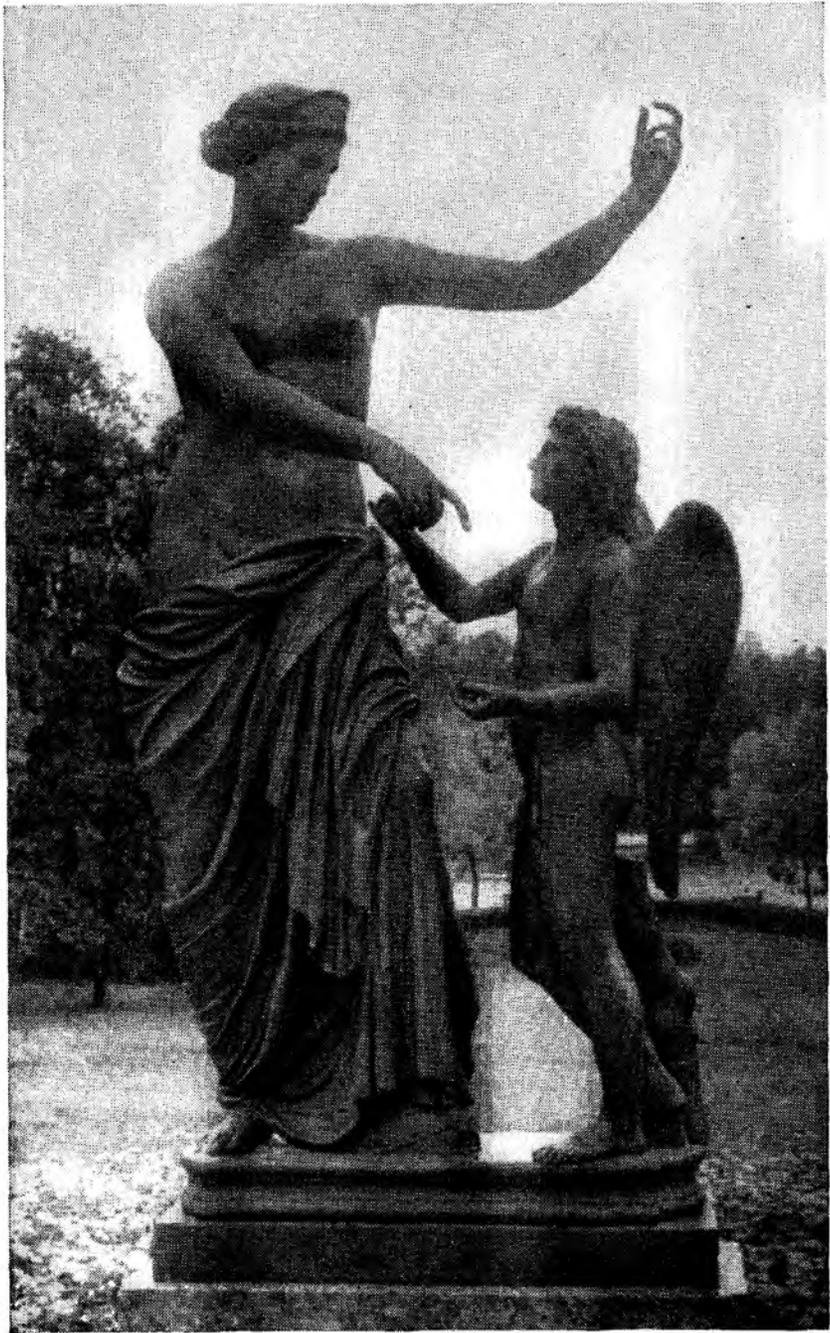
В «заведении» герцога Лейхтенбергского, несомненно, были очень опытные и талантливые техники и рабочие, сумевшие превосходно изготовить гальванопластические скульптуры и, несмотря на низкую техническую оснащенность предприятия, создать шедевры гальванопластической техники, образцы которой сохранились до нашего времени.

В делах строительства Исаакиевского собора имеются документы, подтверждающие выполнение скульптуры на указанном заводе. Достаточно просмотреть только ряд счетов «гальванопластического заведения», чтобы стала ясной грандиозность работ, сделанных для украшения Исаакиевского собора русскими мастерами — создателями первых в мире гальванопластических скульптур. Приведем для примера один счет¹:

«Гальванопластическому заведению за отливку из меди гальванопластическим способом украшений в своды собора:

38 кругловыпуклых фигур; из них 12 апостолов и 20 пророков. Вышина их около 6 аршин, по 7300 руб.

¹ «Дело Комиссии строительства Исаакиевского собора», 1846, № 19, стр. 39. Цит. по кн.: В. Серафимов и М. Фомин, Описание Исаакиевского собора, Спб., 1865.



3. Венера с амуром. Гальваноскульптура. 1851 г.



4. Венера Таврическая. Гальваноскульптура. 50-е годы XIX века

14 консолей, шириной в 3 и вышиной в $1\frac{1}{2}$ аршина.

14 барельефов, изображающих различные атрибуты с лучами вышиной $2\frac{1}{2}$ и шириной 2 аршина.

4 барельефа круглых 3 аршина в диаметре, изображающих 2 фигуры ангелов и головку херувима.

8 херувимских ангелов, держащих доски с надписями, вышиной 2 аршина, шириной 2 аршина 14 вершков.

8 медальонов ангелов с их атрибутами в диаметре 2 аршина.

8 барельефов в кругах, в диаметре 3 аршина, изображающих группу детей с крыльями и досками.

32 головки херувимов с крыльями шириной 2 аршина.

32 розеты в диаметре 13 вершков и 40 розет в диаметре 10 вершков.

17 розет в диаметре 1 арш. 12 верш.

34 гирлянды из плодов толщ. 5 верш.

8 порезок шириной в 4 вершка.

16 консолей под фигуры пророков вышиной $2\frac{1}{2}$, шириной 3 аршина.

63 гирлянды из плодов толщиной от 4 до 10 вершков.

8 рам с порезками шириной в $1\frac{1}{2}$ аршина.

24 гирлянды на рамы в диаметре 5 аршин.

96 аршин украшений из плодов и листьев шириной 10 вершков.

8 рам с листьями около медальонов ангелов в диаметре 3 аршина 5 верш., шириной 8 вершков.

4 украшения в середине свода, длиной $4\frac{1}{2}$ арш., шириной $1\frac{1}{2}$ аршина.

За все вышеозначенные украшения заплачено 408 460 рублей.

За модели для всех означенных выше фигур и украшений для сводов заплачено г. Витали 80 943 рубля».

После смерти герцога Лейхтенбергского (1852) заводом управляли генералы Фуллон и затем Рашет, а позднее завод перешел к Обществу железных дорог, которое далее продавало уже отдельные цехи. Гальванопластический цех приобрели французы Генке, Плеске и Моран. В 1857 г. они производили золочение шпиля колокольни Петропавловского собора, но вскоре в Париже был открыт новый завод, целиком перенесший опыт русской технологии гальванопластики.

РАЗВИТИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

В 1867 г. на Всемирной выставке в Париже экспонировались художественные и технические образцы гальванопластических изделий, в том числе монументальная скульптура. Б. С. Якоби выступил на выставке с отчетом о результатах своих исследований в

области гальванопластики и практического ее применения. Высказанные Якоби взгляды на процесс гальванопластики не утратили значения поныне.

Якоби совершенно ясно указывал на необходимость применения для медного электролита сернокислой меди, а не каких-либо других ее солей, а также на необходимость серной кислоты и ее роль в электролите. Более того, Якоби было известно применение в электролитах коллоидов и влияние их на качество медных осадков, а также необходимость применения коллоидов в незначительных количествах.

Якоби сообщал:

«Медь, осаждающаяся из таким образом приготовленных растворов, отличается своей твердостью и ковкостью, даже на ощупь является она нам совершенно иным металлом...»

«...[она] на взгляд, как будто подвергалась сильному действию плющильной машины и имеет действительно большую плотность, которая хотя и не равносильна плотности листовой меди, но все-таки близка к ней и превосходит плотность листовой меди, с которою сходствует гальванопластическая медь, получающаяся из обыкновенных чистых растворов, между тем как медь, осаждающаяся из растворов с примесью желатины, равняется (относительно плотности) самой чистой листовой меди, она тверда, однородна, непориста и очень ковка».

Якоби указывал также на необходимость циркуляции раствора для подачи свежего электролита в глубокие и быстро обедняющиеся раствором места форм, а также на необходимость устройства газоотводов в закрытых формах. Якоби была известна возможность нанесения разделительного слоя для медных гальванопластических форм. В своей работе¹ он писал:

«Самый тончайший слой масла или жира, которым покрывают оригинал, весьма облегчает отделение копии. Если на поверхность оригинала налить слой расплавленного стеарина, то по остывании он снимается весьма удобно, оставляя на оригинале ровный слой жира такой именно толщины, какая для этого нужна бывает...»

«...С посеребренных или позолоченных оригиналов копия снимается всегда удобно».

На Всемирной Парижской выставке были представлены не только художественные образцы и монументальная скульптура, выполненная путем гальванопластики, но и образцы технических изделий. Их представил Ф. Г. Федоровский, работавший в Кронштадте и изготовивший различные детали котельной арматуры: бесшовные тонкостенные медные трубы диаметром от 3 до 240 мм с толщиной стенок от 0,75 до 9,5 мм, прямые и фасонные — с тремя разветвлениями, угловые и изогнутые по радиусу. Все трубы при очень сложных формах имели равномерную толщину стенок.

¹ М. Г. Якоби, Гальванопластика, или Способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов с помощью гальванизма, Спб., 1840, стр. 53.

Следует отметить, что Россия являлась ведущей страной в техническом развитии гальванопластики с момента ее открытия.

Открытие гальванопластики имело огромное влияние на развитие не только электрометаллургии, но и печатного дела во всем мире. Оно особенно отразилось на развитии стереотипного дела, а также на изготовлении клише для художественных репродукций и для печатания государственных бумаг¹. Копирование различных гравюр на дереве, линолеуме и т. п. и до сего времени осуществляется только гальванопластически. Благодаря гальванопластике можно огромными тиражами изготовлять граммофонные пластинки, которые прессуются гальванопластическими матрицами.

Для точного воспроизведения станковой скульптуры и для получения тонкостенной и облегченной монументальной скульптуры гальванопластика является наиболее совершенным и экономичным техническим способом.

Развитие русской монументально-декоративной гальванопластической скульптуры

В 30-х гг. прошлого столетия, вскоре после открытия гальванопластики, появляется скульптура, впервые выполненная путем электролиза. В 40—50-х гг. гальванопластическая медная скульптура занимала уже значительное место рядом с медночеканной скульптурой, которая изготовлялась из листовой меди.

Медночеканная скульптура широко и вполне успешно применялась не только в интерьере, но и на экстерьере зданий прошлого века. Многочисленные великолепные образцы такой скульптуры сохранились до нашего времени, в частности на памятниках архитектуры Ленинграда.

Открытие гальванопластики расширило технику медночеканной скульптуры, позволив вводить гальванопластические элементы в детали, требующие точного репродуцирования. Этим одновременно упростилось изготовление медночеканной скульптуры.

Разнообразные образцы гальванопластической и медночеканной с гальванопластическими деталями скульптуры сохранились до наших дней в садово-парковой и монументально-декоративной скульптуре.

К превосходным образцам монументально-декоративной скульптуры, выполненной техникой гальванопластики самостоятельно или в комбинации с медночеканной техникой, относится основная часть декоративной скульптуры Исаакиевского собора, выдающегося памятника архитектуры XIX в.

¹ С 1867 г. в России начали изготовлять железные клише гальванопластикой в Экспедиции заготовления государственных бумаг. Б. С. Якоби и Е. И. Клейн в 1867 г. получили патент (№ 2456) на способ изготовления химически чистого железа путем электролиза.

Монументально-декоративная скульптура Исаакиевского собора в большинстве образцов представляет комбинированную скульптуру, выполненную различной техникой: детали, требовавшие точного репродуцирования, выполнены гальванопластикой, а детали более грубые — из листовой меди и листового свинца¹.

Таким комбинированным способом, в частности, выполнены скульптуры на аттике и под аттиком собора. Объемная монументально-декоративная скульптура на аттике и горельефная под ним выполнены скульптором В. Витали на основе проекта академика К. А. Молдавского², работавшего на строительстве Исаакиевского собора в 1847 и 1848 гг. Им выполнены не только эскизы скульптур для аттика собора, но и значительное количество эскизов для его внутреннего декора. Имеющиеся в архиве Исаакиевского собора эскизы академика К. А. Молдавского выполнены в карандаше и утверждены архитектором — строителем собора Монферраном.

Монументальная скульптура собора представляет значительный интерес не только тем, что выполнена в деталях путем гальванопластики, но совместным использованием разнородных металлов и одновременным применением различной техники художественной их обработки.

Скульптура на аттике³ представляет двухфигурные композиции, изображающие коленопреклоненных ангелов со светильниками; между фигурами ангелов расположена гирлянда из фруктов.

Горельефная скульптура под аттиком изображает стоящих ангелов; высота каждой скульптуры около 5 м. Скульптура укреплена на стенах и находится над узкими плинтами, причем ноги скульптуры выступают с плинтов. Такая установка сделана для того, чтобы плинты не закрывали нижней части скульптуры, которую можно рассматривать не только издали, но и под более острыми углами — вблизи сооружения.

Верхние и нижние скульптуры выполнены сочетанием отдельных гальванопластических деталей с деталями из листового металла. Гальванопластикой воспроизведены главным образом сложно-профилированные детали: головы, руки, гирлянды и светильники; остальные детали, представляющие одежду с многочисленными складками, сделаны из листовой меди и листового свинца.

Скульптура монтировалась комбинированным путем: гальванопластические детали скреплялись паянием оловянно-свинцовым

¹ В своей работе «Монументально-декоративная скульптура» (М., Искусство, 1949) И. В. Крестовский утверждает, что свинец для скульптур из-за большого удельного веса и мягкости не употреблялся (стр. 78). Это утверждение мы считаем ошибочным. Свинцовые статуи находятся не только на Исаакиевском соборе; например, в нишах Петропавловской крепости статуи Марса и Венеры свинцовые.

² Константин Антонович Молдавский (1810—1855) окончил Российскую Академию художеств в 1843 г., вскоре получил звание академика.



5. Римский оратор. Гальваноскульптура. 50-е годы XIX века

припоем, а детали из листового металла соединялись внутри скульптуры в фальц с прочеканкой наружных швов.

На аттике скульптуры установлены без обычных внутренних каркасов, которые заменены конструкциями из стальных тяг. Внутри каждой скульптуры имеется стойка, от которой идут тяги с резьбой, снабженные регулировочными натяжными гайками. Тяги одним концом прикреплены к стойке, другим — к внутренним стенкам скульптуры (к фальцам). Таким образом тяги поддерживают изнутри стенки скульптуры из листового металла.

Кроме того, скульптуры снабжены каркасами для крыльев ангелов, также поддерживаемых натяжными устройствами, прикрепленными к крыше и связанными с кованными двойными скобами, которые установлены по диагонали между крыльями и скреплены с ними с задней стороны железными болтами. Это натяжное устройство усиливает стойкость крепления всей скульптуры и крыльев против значительной ветровой нагрузки. (Попутно следует отметить, что с точки зрения электрохимии крепление медночеканных крыльев железными болтами недопустимо, так как контакт меди и железа вызывает интенсивную коррозию болтов и скоб, что и наблюдается в настоящее время.) Тяги, идущие от скоб, расположены сзади скульптур также по диагоналям; с лицевой стороны они не видны.

Головы всей скульптуры над и под аттиком изготовлены гальванопластикой из меди. Нарращивание меди производилось непосредственно на рельеф, возможно на выплавляющуюся восковую модель.

На головах, кистях рук и других деталях скульптур заметны многочисленные следы опилки. Видимо, все гальванопластические детали скульптур были покрыты дендритными образованиями, которые затем удалялись опиливанием. Так, например, на лицах ангелов в височной части у прядей волос, на ушах, а также на других сложнопрофилированных гальванопластических деталях в глубоких рельефах имеются значительные дендриты, оставшиеся поныне там, где заканчиваются следы опилки.

Гирлянды из фруктов, начинающиеся у орнаментированного пояса светильников, спускаются по вертикали к плинту, затем декорируют плинт скульптуры. Следует отметить подчеркнутую, лаконическую манеру лепки гирлянд, рассчитанную на восприятие с дальнего расстояния. Вместе с тем гирлянды относятся к числу наиболее сложнопрофилированных деталей.

На гирляндах по сравнению с другими гальванопластическими деталями скульптуры наиболее заметна разница в толщине металла. Толщина колеблется от 3 до 0,2 мм и чрезвычайно неравномерна.

Наименьшую толщину имеют отложения металла в углублениях между скульптурными элементами гирлянд, а наибольшую на сферических поверхностях — плодах, т. е. в местах наибольшей высоты рельефа. По мере перехода от высоких мест рельефа к углублениям толщина металла постепенно становится меньше. Гос

Такое неравномерное распределение металла по поверхности рельефа свидетельствует о наращивании его на объемную модель: гальванопластические отложения металла всегда резко неравномерны по толщине на сложнопрофилированных рельефах — они всегда тоньше в углублениях и толще в выпуклых местах.

В кистях рук ангелов, выполненных гальванопластическим путем, медь имеет толщину, едва достигающую 0,4—0,5 мм. С внутренней стороны металл не имеет ни дендритов, ни выраженных вкраплений, тогда как с внешней стороны имеются дендритные образования.

Это подтверждает вывод о способе гальванопластического отложения не в форму, а непосредственно на отдельные детали скульптуры.

Таким же образом поверху изготовлены и светильники.

Корпуса, представляющие наиболее грубопрофилированные части скульптур, которые состоят, как уже отмечено выше, из многочисленных больших складок, спадающих к плинту, изготовлены медночеканной техникой. Они, видимо, были вычеканены на специальных твердых формах-моделях, которые могли быть изготовлены из дерева, баббита или цинкового сплава.

Эта часть скульптур не нуждалась в точном репродуцировании, да и была сложна для техники гальванопластики того времени. Здесь скульптор применил листовую 3-мм медь в комбинации с листовым свинцом такой же толщины.

Часть корпусов скульптур с волнами больших и сложных складок была целиком изготовлена из мягкого листового свинца.

Интересным примером в технике художественной обработки металла того времени служит прием, которым придавалась более высокая жесткость листовому свинцу в дополнение к нагартованию его во время чеканных работ. Указанные свинцовые детали после получения окончательной скульптурной формы были гальванически покрыты толстым слоем меди с двух сторон; это придало им дополнительную жесткость, а скульптурам — однородность тона.

Аналогичная техника художественной обработки металла применялась при изготовлении скульптур ангелов под аттиком собора и ряда настенных скульптур внутри собора.

ГАЛЬВАНОПЛАСТИЧЕСКАЯ САДОВО-ПАРКОВАЯ СКУЛЬПТУРА

Образцы гальванопластической садово-парковой скульптуры широко и разнообразно представлены в Екатерининском парке города Пушкина. Гальванопластические скульптуры установлены на балюстраде террасы парка, на аллее парка, вблизи пруда и у самого пруда.

Приведенные образцы гальванопластической скульптуры различны по сложности и размерам. Уникальные образцы скульптуры античных мастеров репродуцированы в 1840—1853 гг. Таковы



6. Гальваноскульптура. 50-е годы XIX века

«Аполлон Бельведерский» — копия со скульптуры Леохара (IV в. до н. э.), «Силен с малюткой Дионисом» — копия со скульптуры Лизиппа (IV в. до н. э.) и др.

Скульптуры сохранились и находятся в удовлетворительном состоянии; лишь некоторые из них требуют частичных реставрационных работ. Все они изготовлены комбинированной техникой: гальванопластической и медночеканной. Только часть деталей, например кисти рук у отдельных фигур, выполнена из литой бронзы (можно предположить, что литые детали изготовлены при реставрации).

Скульптура выполнена в полтора-два раза больше натуральной величины.

Плнты скульптур изготовлены из листовой меди толщиной 1,5—2 мм, спаянной оловянно-свинцовым припоем встык. Ввиду легкости скульптуры плиты прикреплены к каменным основаниям скобами.

Отдельные детали скульптуры соединены пайкой оловянно-свинцовым припоем встык с накладкой меди на швы изнутри.

На скульптуре заметны следы опиловки и грунтовки специальной шпаклевкой.

Формовка деталей и, следовательно, сборка их в скульптуре производились преимущественно по горизонтальным линиям. Отдельные горизонтальные швы видны на бедрах некоторых скульптурных фигур, например «Юноша с эстафетой», «Апоксиомена» и др.

Головы скульптур собраны из трех-четырёх спаянных деталей; кисти рук из двух частей: верхней и нижней, спаянных между собой и с запястьем, пайка имеется также в плечевой части. Лицевая и тыльная части рук также изготовлены отдельно и спаяны между собой.

В торсах, ногах и других деталях скульптур толщина гальванопластической меди равна 1—1,5 мм. Исключение составляют кисти рук, которые имеют толщину меди всего в 0,3—0,4 мм. Недостаточная толщина металла в кистях рук, видимо, и была причиной их поломки у тех скульптурных фигур, кисти которых заменены литыми из бронзы. Детали скульптур, не требовавшие абсолютно точного репродуцирования, например складки одежды, выполнены медночеканной техникой в скульптурах «Молодая женщина», «Диана», «Римский император Нерва», «Венера с амуром» и др.

Гальванопластической техникой выполнены опоры¹ скульптур, а плиты изготовлены, как уже упомянуто выше, в некоторых случаях из листовой меди, даже с фактурой камня, например скульптура «Римский император Нерва». В скульптурах имеются отверстия (диаметром 2,5—3 мм) для стока воды, собирающейся от дождей и тающего снега внутри скульптур. Благодаря наличию

¹ Опоры в гальванопластических скульптурах придают скульптурам конструктивную жесткость и фактически играют ту же роль, что и в мраморных оригиналах.

сточных отверстий предотвращается возможность скопления воды внутри скульптур, чем устраняется опасность вздутий или разрыва швов скульптур при замерзании воды. Сточные отверстия сделаны в непросматриваемых деталях скульптур, например в локтях, согнутых руках, под складками одежды и т. п.

Скульптуры выполнены с высокой точностью гальванопластического репродуцирования. Способом бронзового литья даже по восковой модели, который широко применялся в то время, нельзя было бы достигнуть таких результатов без дополнительных чеканных работ. Кроме того, метод литья в той или иной мере вызывает усадку металла в процессе его остывания. Металл может деформироваться не только в процессе литья, но и в процессе паяния твердыми припоями (например, латунными или серебряными), в случае применения которых необходим прогрев больших площадей до высоких температур (в пределах 800—1000°).

Особенно значительным деформациям подвержен при высоких температурах тонкий металл. Поэтому для пропаивания швов в тонкостенной скульптуре применялись низкоплавкие (свинцово-оловянные) мягкие припои, что исключало возможность искажения их форм.

РОЛЬ РУССКОЙ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ В РАЗВИТИИ ДЕКОРАТИВНОЙ ГАЛЬВАНОСКУЛЬПТУРЫ

Приведенные выше образцы монументально-декоративной и парковой скульптуры характеризуют высокий уровень русской художественной гальванопластики середины XIX в.

Отличное качество русских образцов гальванопластических репродукций оказало огромное влияние на развитие гальваноскульптуры в странах Европы, особенно во Франции, Италии и впоследствии в Германии.

Значительное количество скульптур, декоративных, архитектурных деталей и изделий изготовил методом гальванопластики парижский завод Кристофля. Другой завод, Удри, даже декорировал чугунные столбы для уличных фонарей и фонтаны наращиванием меди по предварительно нанесенной специальной восковой мастике.

Русская гальванопластика, будучи самой передовой в мире, создала многочисленные художественные шедевры, которые не раз демонстрировались на различных международных выставках, в том числе на Лондонской выставке 1851 г. и на Всемирной выставке в Париже 1867 г., где, как мы уже отмечали выше, сам Б. С. Якоби демонстрировал образцы русской гальванопластики и выступал с сообщением о ее достижениях.

Но со времени смерти Б. С. Якоби (1874) и до Великой Октябрьской социалистической революции художественная гальванопластика находилась в полном упадке. Советская художественная гальванопластика явилась истинной продолжательницей дела вы-



7. Гальваноскульптура. 50-е годы XIX века

дающегося русского изобретателя. В эпоху социализма стали создавать превосходные образцы декоративной и монументальной скульптуры с использованием новых, усовершенствованных методов гальванопластики. Много сделано в этой области заводом «Монументскульптура» и лабораторией Московского института прикладного и декоративного искусства.

Ряд работ лучших, талантливейших советских мастеров ваяния — М. Г. Манизера, В. И. Мухиной, Е. В. Вучетича, Н. В. Томского и других — репродуцирован с сохранением всей глубины и тонкости их мастерства при помощи гальванопластической техники. Эти гальванорепродукции свидетельствуют о высоких достижениях советской гальванопластики и дают представление о тех путях, по которым она должна развиваться в дальнейшем.

ГЛАВА II

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Классификационные признаки художественной гальваноскульптуры

Основным назначением художественной гальванопластики является воспроизведение (репродуцирование) скульптуры. Под репродуцированием понимают изготовление копий со скульптуры, выполняемое с полным сохранением объемных размеров и фактуры.

Следует отметить, что скульптурой называют как оригинал, изваянный скульптором, так и полученную с него в каком-либо материале копию. Исходную скульптуру называют моделью в отличие от промежуточных копий и от окончательной копии, которую называют репродукцией. Если репродукция изготовлена в металле при помощи гальванопластики, ее называют гальванорепродукцией (в частности, когда речь идет о скульптуре, — гальваноскульптурой).

Термин «скульптура» применяют не только к крупным монументальным произведениям (например, статуям), но и к промежуточным по размерам — настольным (например, бюстам) и к мелким (например, медалям).

С точки зрения техники репродуцирования важнейшее значение имеет пространственный («объемный») характер очертаний скульптуры. По этому признаку скульптуры можно прежде всего разделить на односторонние и многосторонние.

Односторонняя скульптура предназначена для рассматривания с мест, расположенных на центральной оси, перпендикулярной к плоскости фона (барельефы), или отчасти и с боковых сторон (горельефы).

Многосторонняя скульптура, обычно называемая круглой (статуи), может рассматриваться с любого места и со всех сторон, но чаще имеет главную, фасадную сторону.

Промежуточной между односторонней и многосторонней является медальерная скульптура. Она обычно сочетается из двух односторонних скульптур, одна из которых представляет лицо (аверс), вторая — оборотную сторону (реверс); реверс медали очень часто снабжается только текстом. Медальерную скульптуру можно рас-

смаывать с мест, расположенных по обе стороны на центральной оси.

В дальнейшем изложении нередко придется описывать приемы работы при гальваническом репродуцировании раздельно для каждой из указанных групп.

Не менее существенное значение имеет разделение скульптур по признаку разъемности. Очертание называется разъемным, если перемещение его параллельно самому себе не встречает препятствий ни в одной точке. Так, на рис. 8 очертание «а» является разъемным в направлении, указанном стрелками, а очертание «б» не обладает разъемностью ни в каком направлении.

Обычно очертание можно разделить на части, каждая из которых является разъемной. На рис. 8 показано, как очертание «б» можно разделить на три части — разъемные в разных направлениях.

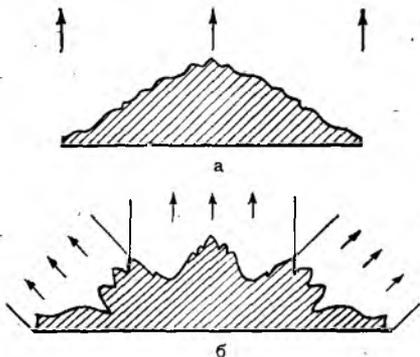
Приведенные примеры относятся к двухмерным очертаниям, так как они яснее выражаются на рисунках, в практике же речь обычно идет о трехмерной (т. е. пространственной, а не плоской) разъемности, однако по существу от этого ничего не меняется.

Пространственные очертания, при разделении которых затруднения не возникают, называются простыми (идущими на выход). Напротив, пространственные очертания, которые имеют поднутрения, создающие «замки», и потому не могут быть разделены, называются сложными (замковыми).

В процессе контактного копирования копируемый предмет покрывают слоем того или иного материала, а отделив затем этот материал, получают рельеф, обратный копируемому. Контактное копирование с обратного рельефа снова дает прямой рельеф.

Все рельефы принято характеризовать по отношению к исходным моделям, а не друг к другу: прямым рельефом (позитивом) называют копию, имеющую такой же вид, как модель, а обратным рельефом (негативом) — копию, обратную модели, подобно слепку с нее.

Очертание, обладающее разъемностью в позитиве, всегда обладает ею и в негативе. Однако если для придания разъемности пришлось разделить очертание в позитиве на некоторое число элементов по определенным границам, то не во всех случаях принятые границы и даже выбранное число элементов оказываются наиболее удобными и в негативе.



8. Схема разъемности очертания:
а — разъемное, б — неразъемное

Общая схема репродуцирования скульптуры

Ввиду изложенного способ разбивки скульптуры на отдельные элементы и правильное установление их границ оказывают решающее влияние на успешность последующих работ по репродуцированию.

На рис. 9 показан пример разбивки скульптуры на отдельные элементы для последующего гальванопластического копирования. Непосредственно с модели, как правило, не снимают гальванических копий, так как это привело бы к серьезному повреждению или непоправимой порче скульптуры.

При помощи формовочной техники с модели изготавливают одну или несколько промежуточных копий. С копий снимают формы, которые используют для гальванического воспроизведения скульптуры.

Формы делают из гипса, восковой композиции, пластмассы, легкоплавкого сплава и пр.

Как материал для изготовления форм, служащих для последующего воспроизведения скульптуры в металле, чаще всего применяется гипс.

В пластилине без перевода в гипс остаются лишь эскизные модели или варианты основной скульптуры. Такую скульптуру для предохранения от разрушения при длительном хранении покрывают снаружи тонким и ровным предохранительным слоем металла, зрительно не нарушающим форму и фактуру модели. Такой способ покрытия моделей называется работой «по верху».

Техника изготовления форм зависит от их материала.

Формы из гипса изготавливают общепринятыми формовочными



9. Разметка границ элементов, на которых будут стыки кожухов коковых форм

приемами¹, т. е. изготавливают черновые или кусковые формы.

Со скульптур, выполненных в глине или пластилине, обычно снимают черновые формы. Черновая форма (рис. 10) обычно состоит из двух (реже трех) раковин. С отдельных раковин снимают гальванические копии, из которых составляется репродукция.

Со скульптур, которые должны быть обязательно сохранены, предварительно снимают кусковые формы (рис. 11); они состоят из значительного числа отдельных кусков, плотно укладываемых в гипсовый кожух в требуемом порядке. На рис. 11 а видим швы разъема кусков, на рис. 11 б показана укладка всех гипсовых кусков в кожух.

На кусковые формы обычно непосредственно не наращивают металл, как на раковины черновых форм. Они служат вспомогательными формами для изготовления набивкой глиняных или пластилиновых копий модели, с которых затем снимают так называемые монолитные формы, уничтожая при этом копию модели. Последние отличаются от кусковых и черновых тем, что представляют собой одну цельную гипсовую раковину, из которой копию глиняной или пластилиновой модели удаляют, разрушая ее.

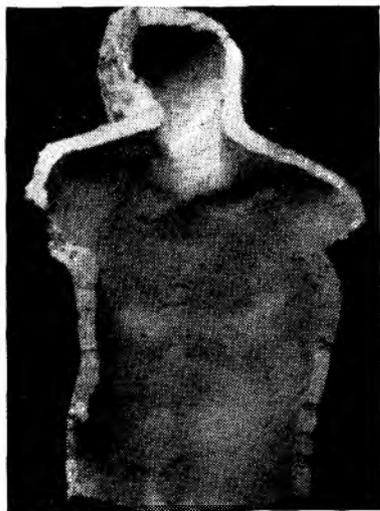
Способ изготовления форм, помимо материала скульптур, зависит также от сложности их очертаний.

Так, при воспроизведении сложнопрофилированной скульптуры, всегда имеющей «замки», обычно требуется предварительная кусковая формовка для того, чтобы перейти на глиняную копию модели с последующим изготовлением черновых или монолитных форм (рис. 17).

Таким образом, независимо от того, применяют ли черновую или кусковую форму, гальваническое наращивание приходится вести по гипсу (по черновой форме — в первом случае, по монолитной — во втором).

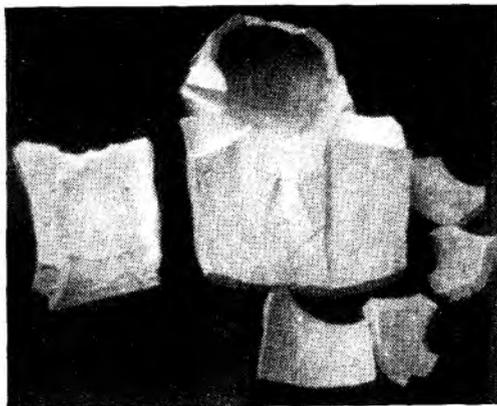
Приготовленные гипсовые формы проходят тщательную сушку, затем для устранения гигроскопичности — пропитку в озокерите.

Формы из воска наиболее удобны в гальванопластике, и применение их обеспечивает высокую степень точности репродукции.



10. Раковина черной формы

¹ Способы формовки скульптур см.: Бройдо Д., Руководство по гипсовой формовке художественной скульптуры, М., «Искусство», 1937; Мелюков И. Н. Техника скульптурно-формовочных работ в архитектуре, изд. Академии архитектуры СССР, 1946.



11. Кусковая форма с кожухом

Восковые формы изготовляют исключительно с барельефной металлической скульптуры, формирующейся на выход. Формы из воска могут применяться как для изготовления миниатюрной медальерной скульптуры, так и для крупных барельефов. На рис. 12 показаны: модель, форма, снятое с формы изделие и готовый медальон¹.

Пластические массы (целлулоид, акрилат) и металлы (алюминий, свинец, легкоплавкие сплавы, медь) обычно применяют при репродуцировании медальерной и, реже, барельефной скульптуры.

Формы из пластических масс изготовляют методом горячего прессования, алюминиевые — распылением, свинцовые — прессованием или обкладкой, из легкоплавких сплавов — отливкой, медные — гальванопластикой.

Чтобы использовать гипсовые, восковые или пластмассовые формы для гальванического копирования, необходимо сделать их поверхность электропроводящей, что осуществляется нанесением проводящего слоя. Нанесение такого слоя на формы из диэлектриков является одной из основных операций технологии гальванопластики. От этой операции зависит скорость начальной стадии процесса электролиза, определяющая качество поверхности наращиваемого металла. Для получения электропроводящего слоя форму натирают графитом или химически осаждают на ее поверхность серебряную, золотую или медную пленку, или наносят тонкий слой золота или серебра катодным распылением.

¹ На снимках рельефов вследствие нестереоскопичности снимков глаз обычно не улавливает выпуклости или вогнутости всей поверхности, что как раз и является определяющим для суждения о том, показан ли на снимке рельеф или контррельеф; мы придерживались правила освещать при съемке все подобные объекты так, чтобы свет падал сверху. При таком условии позитивы кажутся освещенными сверху, а негативы снизу.

Металлические формы, конечно, не требуют нанесения электропроводящего слоя (как гипсовые, восковые, пластмассовые), что существенно упрощает технологический процесс.

После нанесения проводящего слоя выполняют собственно гальваническое наращивание.

Процесс гальванопластики является частью прикладной электрохимии, а именно электрометаллургии водных растворов солей металлов. Процесс основан на выделении металла под действием электрического тока из водных растворов солей металлов (электролитов). Выделяемый металл может отлагаться на любом теле, проводящем ток, если это тело погрузить в электролит и соединить с отрицательным полюсом. Роль такого тела и выполняют в процессе гальванопластики формы, на которых откладывается металл желаемой толщины.

Если рабочей поверхностью является сторона, которая была обращена к форме, наращивание называют гальванопластическим, а если рабочей является сторона, не примыкающая к форме, наращивание называют гальваностегическим.

В результате наращивания получают отдельные элементы гальваноскульптуры.

Снятые с форм гальванические копии можно использовать и в качестве металлических форм для дальнейшего размножения. Такие формы называют контррельефом.

По окончании наращивания производят монтажные работы, которыми завершают процесс изготовления репродукций.

К монтажным работам относятся: удаление грата, образующегося в процессе наращивания металла; последующая опиловка края, с которого срезан облой; подгонка отдельных деталей для соединения в требуемом порядке; спайка соединяемых частей.

За монтажными следуют отделочные работы.



12. Модель, восковая форма, репродукция с облоем, готовый медальон, (Зоя Космодемьянская, художник Жуков)



13. Стадии уменьшения барельефа (А. С. Пушкин, скульптор А. Туманов)

К отделочным работам относится тонирование скульптуры химическим путем (для получения патины) или гальваностегическое нанесение золота, серебра или других декоративных металлов.

Такова общая схема работ по репродуцированию скульптуры.

Другие виды применения гальванотехники в декоративном искусстве

Применение гальванотехники в декоративном искусстве не ограничивается репродуцированием скульптуры.

Возможности применения гальваноластики в художественной промышленности обширны и разнообразны.

Гальванопластически могут быть изготовлены не только законченные скульптурные произведения, но и отдельные декоративные элементы, например орнаменты для дверных ручек, торшеров, люстр, фриз, мемориальных досок, письменных приборов и пр.

Примером своеобразного применения гальванотехники может служить обработка кружев путем гальванопластического наращивания и гальваностегического покрытия с последующим вмонтированием их в изделия в качестве декоративного элемента.

В отдельных случаях может представить интерес уменьшение изделий путем использования усадочных свойств восковой композиции. На рис. 13 показано постепенное уменьшение модели за счет усадки восковой композиции. Форма, отлитая из восковой композиции, остывая, получает равномерную усадку. При каждой усадке размер уменьшается на 2,5—3%, усадка возрастает с повышением температуры, при которой производят заливку. После усадки на форму наращивают металл, снимают его и снова отливают с него восковую форму. После усадки второй восковой формы на нее опять наращивают металл. Так ведут процесс, пока не получится репродукция требуемого уменьшенного размера. С такой же целью можно использовать для изготовления форм фарфоровую массу, тоже получающую усадку. Однако применение ее менее доступно, чем применение восковой композиции.

Художественные гальванопластические детали можно также с успехом использовать для декорирования изделий из стекла и керамики. Металлические детали крепят к стеклу и керамике припаиванием к серебряному слою, нанесенному вжиганием.

Наконец, гальванотехнику можно применять в реставрационных работах для укрепления каких-либо металлических музейных деталей или изделий. Для этого их с лицевой стороны временно покрывают воском, лаком или другим изолирующим составом, на оборотную сторону наращивают металл.

ГЛАВА III

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ФОРМАМ

Материалы, идущие на изготовление форм для гальванопластического репродуцирования скульптуры, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) не прилипать и легко отделяться от заформованных предметов, давая точные их отпечатки;

2) иметь минимальную усадку при схватывании и затвердевании; не деформироваться при остывании или сушке;

3) не обладать гигроскопичностью, быть безвредными для электролита, не загрязнять его и не разрушаться от длительного пребывания в электролите;

4) легко связываться с наносимым электропроводящим слоем.

Ввиду того что гипсовые формы гигроскопичны, их приходится для удовлетворения третьего требования подвергать пропитке.

Гипсовые формы

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЧЕРНОВЫХ ФОРМ

Изготовление объемных форм из гипса для целей гальванопластики при воспроизведении художественной скульптуры не отличается особыми приемами от обычного формования: специфичным является только изготовление описываемых ниже монолитных форм.

Как уже отмечено выше, черновые формы обычно состоят из двух, иногда трех кусков-раковин. Ниже, на рис. 10, показана основная часть обычной черновой формы.

Черновая форма, состоящая из двух раковин, наиболее проста для гальванопластики; при такой форме удобно, как нанести электропроводящий слой на внутреннюю поверхность (полость) формы, так и проводить процесс электролиза.

Металл наращивается в каждую раковину отдельно. Для монтирования скульптуры соединительные швы раковины спаивают.



14. Гальваноскульптура до монтирования

Для получения репродукции, не требующей подгонки и спаивания двух разрозненных ее частей, прибегают к следующему приему.

Предварительно подготовленные раковины формы, пропитанные и уже имеющие проводящий слой, точно соединяют одну с другой, стягивают проводом, имеющим изоляцию. Затем изнутри в месте соединения раковин заделывают шов пластилином, не содержащим наполнителя и пигмента.

Внутренность формы освещают при этом низковольтной лампочкой (4—6 в). Наиболее пригоден для заделки швов желтый озокерит: он обладает высокой пластичностью и вязкостью. Чтобы не нарушить фактуру скульптуры, швы обычно заделывает сам скульптор или квалифицированный специалист по репродукции.

Такой же прием можно применять и при работе с кусковыми формами, но там он менее удобен вследствие громоздкости кусковых форм, наличия кожуха и большого количества швов, образуемых отдельными кусками формы, тем более что швы все же остаются заметными на металлической репродукции.

Применение обычных черновых форм с наращиванием металла в каждую раковину в отдельности наиболее просто и технически удобно, но требует очень тщательной подгонки раковины, а главное, заделки чеканкой швов на репродукции.

На рис. 14 показана скульптура, изготовленная в черновой форме. В ее затылочной части виден облой, который удаляют, после чего в это место впаивают затылочную деталь, изготовленную во второй раковине черновой формы. В данной скульптуре боковины и спина отсутствуют, так как они плоские; их изготавливают из листовой меди и при монтаже впаивают.

Использование соединенных заранее раковин черновой формы с проработкой шва не требует монтажных работ для соединения частей готовой металлической репродукции, но такой способ осложняет ведение процесса электролиза: затрудняется равномерное наращивание металла в наиболее углубленных местах сложнопрофилированных форм.

Применение обычных черновых форм целесообразно главным образом в случае изготовления крупной бюстовой скульптуры (при этом отдельные детали можно изготавливать в кусковых формах) или в случае сложнопрофилированной объемной скульптуры, изготавливаемой из отдельных кусков или блоков, объединяющих несколько кусков.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КУСКОВЫХ И МОНОЛИТНЫХ ФОРМ

От обычных способов формовки отличается формовка при изготовлении бюстов и вообще круглой скульптуры с большими открытыми отверстиями со стороны плинта.

Для получения монолитных форм (употребляемых только в гальванопластике при изготовлении бюстов или отдельных блоков монументальной скульптуры) гипсом заливают глиняные копии моделей.

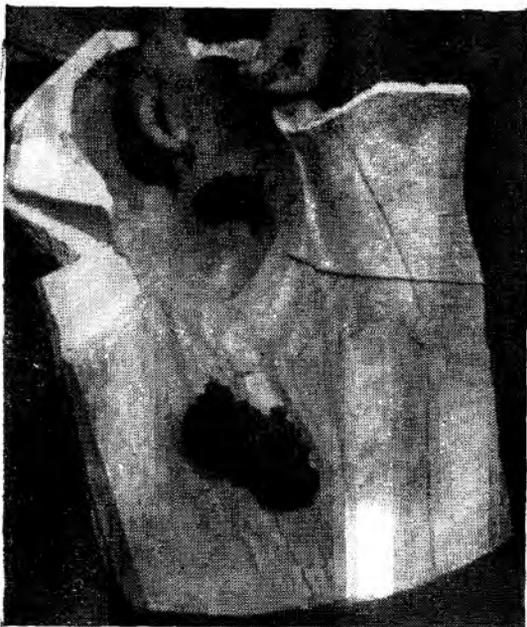
С модели предварительно снимают кусковую форму, которую затем набивают глиной для получения точного оттиска скульптуры (рис. 15).

Для набивки кусковых форм употребляют наиболее пластичную жирную и хорошо промешанную глину; чтобы уменьшить усадку, глину замешивают на хлористом кальции, жадно поглощающем влагу из воздуха, на глицерине и др.

Отдельные небольшие кусочки глины укладывают в негативную форму слоем толщиной в 5—10 мм, тщательно вдавливая каждый кусочек. Отдельные кусочки глины должны перекрывать друг друга.

Первый слой глины набивают особенно тщательно для получения точного оттиска скульптуры. Набивка первого слоя производится по мере установки вкладываемых кусков формы в козух. В козухе устанавливают куски формы с таким расчетом, чтобы удобно было производить дальнейшую набивку формы глиной.

Последующие слои глины набивают также небольшими кусочками для лучшего соединения укладываемых слоев глины, уплотнения первого слоя и устранения недожимов, если они где-нибудь были допущены в первом слое. Так набивают каждый козух ку-



15. Набивка кусковой формы глиной

сковой формы, после чего раковины соединяют между собой. Затем в форму укладывают более толстые слои глины, но также относительно небольшими и плотными кусками.

Набитую глиной кусковую форму плотно стягивают и теми же приемами окончательно заполняют глиной с открытой стороны, т. е. со стороны плинта, затем глину в форме утрамбовывают.

При изготовлении больших бюстов (в полтора-два раза больше натуральной величины) перед окончательной набивкой формы глиной в нее вставляют деревянный каркас для поддержания головы и плеч глиняной скульптуры. Каркас может представлять собой один деревянный брусок, устанавливаемый перпендикулярно к плинту скульптуры, или при крупных и сложных скульптурах — крестовину из брусков.

Набитую глиной кусковую форму оставляют на 30—40 часов для усадки глины. Подсохнув за счет гигроскопичности гипсовой формы, глина несколько отходит от ее стенок. Затем кусковую форму разбирают и глиняную копию модели прорабатывает скульптор. Он снимает швы и устраняет дефекты, образовавшиеся при набивке глиной.

При заформовании глиняной модели на ней устанавливают проводники, располагая их на выступающих деталях скульптуры, но в непросматриваемых местах, например за ушами, под подбородком и т. п.



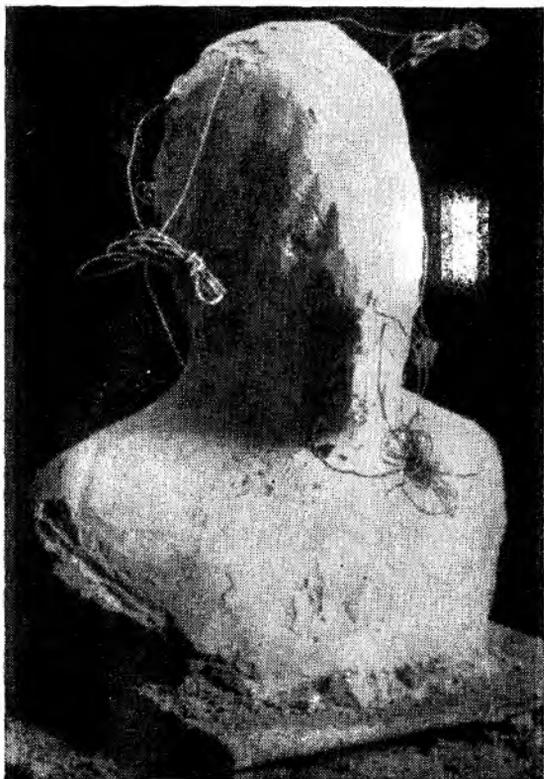
16. Места присоединения проводников («усов») на выступающие детали рельефа

Следует применять эластичный электропровод с плотной и надежной хлорвиниловой изоляцией. Пример расположения проводников представлен на рис. 16.

Число проводников должно быть не менее двух-трех для каждого контактируемого участка; проводники должны иметь сечение, соответствующее силе проходящего тока. Несколько проводников для каждого участка необходимо иметь в запасе на случай утраты некоторых проводников в процессе изготовления монолитной формы или в процессе обработки ее воском и т. л.

Перед установкой проводников на глиняной модели их следует зачищать, снимая изоляцию на длине в 5—6 см, чтобы зачищенные концы проводников глубоко сидели в глиняной модели и не могли быть вырваны в процессе формования. У оголенного конца проводники с изоляцией завязывают узлом, чтобы они, будучи заформованы, крепко держались в стенках гипсовой формы.

Подготовленную таким образом к формовке копию модели покрывают оплескиванием тонким слоем жидко разведенного гипса. Чтобы предотвратить образование в форме воздушных пузырей, гипс наносят со стороны поднутрений и тех деталей модели, где пузыри могут образоваться. Затем наносят слой гипса толщиной в 2—3 см и укладывают на него в роли арматуры редкую мешковину полосами, размером примерно в 5×20 см. После этого заканчивают формовку так, чтобы стенки формы не были слишком тол-



17. Монолитная форма для бюста: видны концы проводников, ведущих к углубленным местам

стыми. В зависимости от размеров и сложности скульптуры они должны иметь толщину примерно от 5 до 10 см, т. е. должны быть тоньше, чем у кусковой формы.

Металлический каркас не следует укладывать в форму, так как металл, расширяясь при пропитке формы горячим составом, может вызвать образование трещин в стенках формы. Кроме того, наличие металлического каркаса чрезвычайно осложняет разборку формы после гальванопластического наращивания на нее металла.

Готовую форму (рис. 17) с глиняной копией модели оставляют после формовки на одни-двое суток для просыхания гипса и для того, чтобы заформованная внутри глина, получив усадку, вследствие потери влаги, впитывающейся в гипс, несколько отошла от стенок формы.

Далее приступают к удалению из формы глиняной модели и деревянного каркаса. Глину выбирают из формы постепенно и осторожно, небольшими порциями, пользуясь стальным крючком, а также деревянным ножом, которым подрезают глину в направлении от центра формы к стенкам, так, чтобы не повредить полости

формы. Остатки глины, застрявшие в глубоко профилированных местах, выбирают кусочком глины.

Затем в форме просверливают отверстие диаметром примерно 15—20 мм. Оно должно быть тем больше, чем больше внутренний объем формы.

Это отверстие служит для стока воды при промывке формы от остатков глины, застрявшей в узких поднутрениях. Кроме того, оно служит для стока расплавленной композиции в процессе пропитки гипсовой формы, для постепенного и равномерного наполнения формы электролитом при погружении в ванну (чтобы не был смыт электропроводящий слой), для стока электролита при извлечении формы из ванны, для циркуляции электролита при прокачивании его в процессе электролиза. Наконец, отверстие в форме используется также для введения освещения при нанесении электропроводящего слоя путем графитирования, при осмотре формы и пр.

В бюстах отверстие высверливают в затылочной части, для чего выбирают место, более удобное для последующей заделки на металлической копии.

В готовой репродукции отверстие запаивают, зачеканивают («зафактурируют») и тонируют под общий тон скульптуры.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЛОЖНЫХ ГИПСОВЫХ ФОРМ

При изготовлении различных сложнопрофилированных форм, например с горельефов, а также при изготовлении кусковых форм отдельных сложных деталей объемной скульптуры наиболее рационально изготавливать монолитные формы с глиняных копий моделей, а при серийном производстве — с эластичных клеевых или формопластовых копий моделей (см. ниже, в разделе «Формы из высокополимеров»).

Для приготовления монолитной формы предварительно изготавливают кусковую гипсовую форму с плотно пригнанными кусками, между которыми допускают лишь минимальные зазоры.

В форме устанавливают каркас и отливают клеевую копию модели.

Формы для горельефов обычно снимают с глиняных копий моделей, но при массовом или серийном изготовлении репродукций методом гальванопластики целесообразнее изготавливать монолитные формы с эластичных копий моделей (если это допускается характером рельефа и конструкцией копии модели).

Эластичные копии моделей обладают значительной стойкостью при получении форм.

В случае изготовления круглой скульптуры можно объединять несколько кусков деталей обычной кусковой формы в так называемый сросток, который в дальнейшем в процессе гальванопластики служит отдельной самостоятельной формой. Использование таких форм упрощает процесс изготовления готовой скульптуры в метал-

ле, поскольку она в готовом виде состоит из значительно меньшего числа отдельных частей, что существенно облегчает монтировочные работы и делает скульптуру более цельной.

В отдельных случаях возможно комбинированное изготовление некоторых форм-сростков. Для этого предварительно производят так называемую затяжку форм, наращивая тонкий слой металла в центральной части отдельных кусков (не ближе 5—10 мм к периферии кусков). Затем соединяют два или несколько наращиваемых кусков в кожухе, заделывают стыки пластилином, наносят электропроводящий слой на еще не покрытые металлом места и продолжают его наращивание. Таким образом несколько форм-сростков объединяют в одну сложнопрофилированную форму.

ПРИЕМЫ ПРОПИТКИ И ИЗОЛЯЦИИ ГИПСОВЫХ ФОРМ

Пропитка гипсовых форм для устранения гигроскопичности является одной из важных операций.

Перед пропитыванием гипсовые формы должны быть хорошо высушены при равномерном повышении температуры до 60°. Особенно медленно следует повышать температуру при сушке очень сырых, только что снятых форм во избежание деформаций и трещин.

Формы, состоящие из нескольких кусков, надо сушить в собранном виде, с плотно прижатыми один к другому кусками для устранения их деформации.

В сушилке формы размещают на сетке или перфорированном противне, открытой частью вверх, так чтобы тепло равномерно омывало их снизу, а влага имела выход кверху. Монолитные формы можно сушить вводимой в них электролампой мощностью 500 вт.

Хорошо высушенная форма должна иметь совершенно белый цвет и издавать при постукивании специфический звук сухого гипса. Сухая форма быстро воспринимает пропитку и не дает трещин. Гипсовые формы пропитывают расплавленными восковыми составами с температурой плавления от 50 до 125°, в зависимости от состава пропиточной композиции; предпочтительны составы, имеющие низкую температуру плавления. Формы, погружаемые в пропиточный состав, прогреваются до его температуры; при этом состав медленно проникает в поры гипса, вытесняя воздух. В зависимости от времени выдержки гипсовых форм в составе глубина пропитки может быть различной и считается достаточной при толщине примерно от 2 до 5 мм.

Необходимая длительность выдержки гипсовой формы в пропитывающем составе зависит от его компонентов, температуры нагрева и от степени просушенности формы. Чем выше температура пропитывающего состава (а она может быть значительно выше его точки плавления), тем меньше времени можно в нем выдерживать формы. Чем толще стенки формы, тем больше времени требуется

для прогрева и пропитывания. Массивные толстостенные формы следует пропитывать не слишком перегретыми, чтобы избежать разрушения гипса от перегрева; наиболее пригодны составы с температурой плавления примерно 60—80°. Таковы, например, составы на озокеритовой, церезиновой, парафиновой и стеариновой основе с добавками канифоли. Пропитывание производят с выдержкой в пропитывающем составе в течение 2—2,5 часа. Пропитывание составом с более высокой температурой плавления или перегретым составом можно применять только для небольших тонкостенных форм при кратковременной выдержке (не более 10—20 мин).

Температура плавления разных веществ, применяемых для пропитывания, приведена в таблице 1.

Таблица 1

Температуры плавления различных материалов, служащих для пропитывания гипсовых форм

Наименование материала	Температура плавления в °С	Наименование материала	Температура плавления в °С
Парафин	49—60	Монтан-воск	70—80
Озокерит	50—80	Галовакс	80—110
Стеарин	60—63	Канифоль	70—130
Воск пчелиный	61—67		

Сорта церезина с высокой температурой плавления можно употреблять для пропитывания форм без смешивания с другими материалами. Однако наиболее целесообразно производить пропитку в восковых композициях, т. е. в сплавах отдельных компонентов, составленных так, чтобы пропитывающий состав обладал следующими качествами:

- 1) имел невысокую температуру плавления,
- 2) хорошо проникал в поры форм,
- 3) не размягчался при нормальном нагреве электролита,
- 4) обладал хорошим сцеплением с электропроводящими составами, наносимыми на форму,
- 5) не зажирил электропроводящих составов (во избежание повышения омического сопротивления),
- 6) хорошо смачивался электролитом,
- 7) не реагировал с электролитом,
- 8) имел высокую температуру вспышки.

Обычно для пропитки гипсовых форм применяют пропиточные составы из двух-трех компонентов. Некоторые из них приведены ниже (в %).

1. Галовакс 70
Восковая монтановая композиция 30
(температура плавления 58,5°)
2. Галовакс 70
Восковая монтановая композиция 15

Канифоль	15
(температура плавления 64,5°)	
3. Галовакс	82
Канифоль	8
Стеарин	10
(температура плавления 75°)	
4. Восковая монтановая композиция	80
Петролатум	20
(температура плавления 82°)	

Для устранения гигроскопичности гипсовых форм можно применять не только горячие пропитки, проникающие в формы, но и составы, наносимые в виде тонких пленок на поверхность форм и защищающие их от воздействия электролита.

Непосредственно наносить защитные пленки можно главным образом на формы с грубой фактурой; незначительные изменения фактуры остаются на таких формах мало заметными, но даже в этом случае защитный слой должен быть минимальной толщины и равномерным.

Для нанесения защитных пленок из резинового лака лучше всего пользоваться методом распыления, но можно также наносить лак кистью или способом окунания.

Для изготовления защитного резинового лака применяют отбросы резины или эбонита. Для приготовления состава резину или эбонит растапливают и выливают тонкой струей на железный лист, на котором они затвердевают в хрупкую асфальтоподобную массу. Ее размалывают и растворяют в бензоле, после чего сливают осадка и наносят на формы.

Составы пропиточных лаков (в г):

Асфальтовый лак

Асфальт	50
Сера	3,5
Льняное масло	150
Скипидар	50
Бензин	200

Каучуковый лак

Каучук	50
Канифоль	120
Скипидар	300

Указанные вещества вводят в последовательности, указанной в рецептах, нагревая смесь свыше 120° и производя непрерывное помешивание.

Восковые формы

РЕЦЕПТЫ ВОСКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Восковые композиции удобны для непосредственной заливки в металлические, сырые гипсовые или иные формы, выдерживающие высокие температуры восковых композиций (70—90°).

Составы восковых композиций приведены в таблице 2.

Таблица 2

Восковые композиции

Наименование компонентов	Количество (в весовых частях)									
	17	25	40	6	7	45	3	120	100	70
Воск пчелиный	—	45	30	9	—	—	1	—	—	—
Церезин	—	5	10	—	—	—	—	—	15	10
Парафин	—	—	—	—	2	—	3	50	—	—
Стеарин	—	—	—	—	—	—	6	40	—	—
Спермацет	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—
Минеральное масло	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—
Жир говяжий	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—
Скипидар	2	3	—	—	—	7	—	—	—	5
Графит	1	18	15	1	10	1	1	5	5	17

Следует помнить, что рецепты, упомянутые в таблице 2, и другие им подобные, в изобилии приводимые в литературе, не имеют никакого химического обоснования, а являются чисто эмпирическими.

Ввиду того что свойства веществ, входящих в эти рецепты, очень сильно меняются от образца к образцу, следует не слепо копировать рецепты, а смело приспосабливать их к конкретным условиям, учитывая при этом следующие особенности отдельных компонентов восковых композиций. Парафин снижает мягкость пчелиного воска, но увеличивает усадку. Спермацет облегчает смешение компонентов. Введение лишнего стеарина следует избегать, так как он реагирует с электролитом медной ванны. Минеральное масло и говяжий жир смягчают композицию, но могут зажирить проводящий слой. Еще более сильным смягчающим действием обладает скипидар; он не портит проводящего слоя, но при длительном хранении композиции может улетучиться из нее. Графит лишь в очень незначительной степени повышает электропроводность форм, но облегчает последующий процесс графитирования. Оседая во время отливки восковых форм в расплавленной массе залитого воска, он сосредоточивается на рабочей поверхности формы, что облегчает связывание его с графитом, наносимым на форму в процессе графитирования.

Очень хорошими свойствами обладает восковая композиция, применяемая для механической записи звука при изготовлении грампластинок. Такая композиция имеет следующий примерный состав (в % по весу):

Воск монтажный пластифицированный	41
Стеарат натрия	33
Стеарат свинца	15
Стеариновая кислота	7
Стеарат алюминия	4

Монтановая восковая композиция для звукозаписи наиболее удовлетворяет требованиям, предъявляемым к восковым формам для художественных изделий: она передает самые тонкие детали рельефа. По затвердеванию масса отличается большой твердостью и хорошо поддается механическому и химическому нанесению электропроводящего слоя. Температура плавления композиции 80—90°.

Из числа композиций, дающих минимальную усадку, рекомендуют следующие (состав в % по весу).

1. Канифоль	70
Воск пчелиный	20
Парафин	10
2. Воск пчелиный	30
Стеарин	70
3. Воск пчелиный	80
Галовакс	10
Шеллачный воск	10

Восковые композиции лучше всего плавить на водяной или масляной бане — в специальном котле, хуже — на песочной бане, еще хуже — на слабом огне; надо избегать вспышки воска и его пригорания ко дну котла. Необходимо начинать с наиболее легкоплавких компонентов и постепенно вводить более высокоплавкие; огнеопасные компоненты, как скипидар, следует вводить в удалении от источника тепла и притом последними.

Расплавленный воск следует фильтровать через марлю, а очень тонкие восковые композиции, не содержащие графита, — через шелк.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ ДЛЯ БАРЕЛЬЕФНОЙ И МЕДАЛЬНОЙ СКУЛЬПТУРЫ

Восковые формы, обеспечивающие высокую точность репродукции, применяются главным образом для медальной и барельефной скульптур.

Сравнительная дешевизна восковых композиций и хорошая связь с наносимым электропроводящим слоем, простота изготовления восковых форм, повышенная точность репродукций с них делают такие формы наиболее распространенными в технике гальванопластики. Недостатком является усадка восковых композиций, а также невозможность использования восковых форм для многократного репродукции.

Для получения восковых форм восковую композицию расплавляют и заливают ею репродуцируемую металлическую или сырую гипсовую модель.

При заливке барельефов, медалей и другой подобной скульптуры используются металлические обечайки¹ в виде колец, прямо-

¹ Металлическая форма.

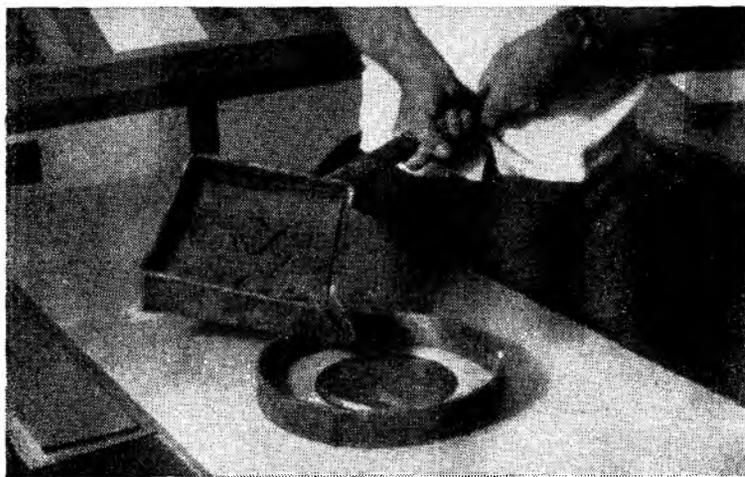
угольников и т. п. с высотой стенок, соответствующей высоте рельефа заливаемой скульптуры. Так, для репродуцирования медальерной скульптуры, обычно круглой и обладающей низким рельефом, требуются круглые обичайки с высотой стенок в 10—15 мм. Для получения достаточно прочной и не деформирующейся при окончательном остывании формы высота стенок обичайки должна быть тем выше высоты рельефа, чем больше площадь барельефа.

На рис. 18 показан момент заливки воска с применением обичайки.

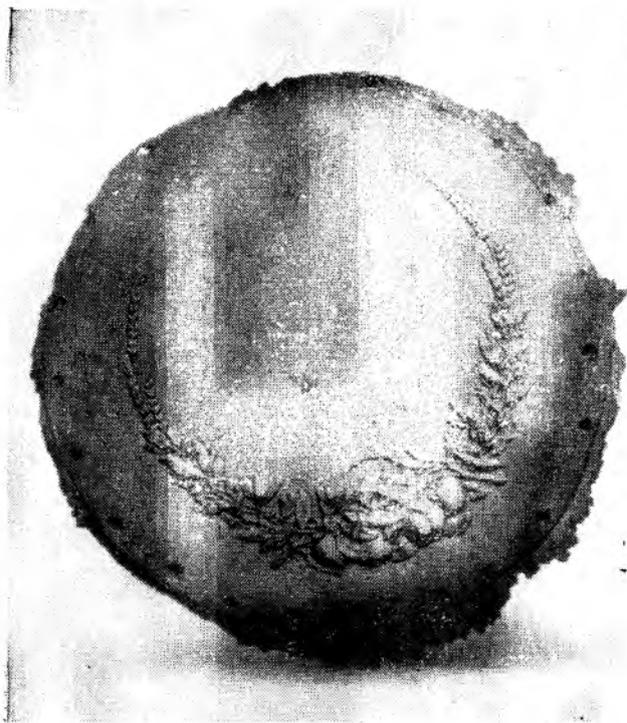
Перед снятием форм с металлической барельефной скульптуры модели должны быть предварительно хорошо протерты для удаления пыли и подогреты до 50—60°, после этого их кладут в обичайку и заливают расплавленным воском. Восковые формы следует отливать на гладкой мраморной или металлической плите. Она должна быть теплой и смазана касторовым или другим растительным маслом, чтобы застывшая восковая форма легко отделялась от плиты. Обичайки делаются с внутренним скосом в 1,5—2°, что облегчает извлечение из них затвердевших восковых форм.

Периметр обичайки должен быть несколько больше периметра модели, чтобы готовые формы имели достаточно прочные и широкие борта. Так, при диаметре в 50—100 мм ширина стенок форм должна быть на 1—2 см больше диаметра фона барельефа. Это необходимо для укладки проводников на стенки форм и удобства расположения отверстий для груза и контактирующей подвески, о которой будет говориться в гл. VI, а также для того, чтобы при обрезке облоя по периметру наращенной скульптуры можно было бы без затруднений пользоваться ножницами.

Модель с бортами достаточной ширины показана на рис. 19. Делать борта у форм значительно больших размеров, чем необхо-



18. Заливка восковой композицией модели, помещенной в обичайку



19. Аверс заготовки модели с припуском по борту

димо для зарядки формы и обрезки облоя у готовой репродукции, не следует, так как при излишней площади бортов повышаются отходы металла. Расплавленный воск надо заливать в обичайку равномерной струей, без брызг; воск следует лить на формовочную плиту между обичайкой и моделью, постепенно наполняя обичайку воском.

Равномерная и достаточно медленная заливка воска, притом не на модель, а сбоку, дает возможность получать формы без раковистости, которая в случае быстрой и неравномерной заливки образуется от включений воздуха.

Формы надо снимать с формовочного стола после полного затвердевания, когда температура воска понижается примерно до 50° .

Заформованные тяжелые модели надо извлекать из восковых форм над столом, чтобы избежать повреждения их в случае выпадения из форм.

Для удаления моделей легко разжимают края формы и встряхивают ее.

До полного отвердевания воска в стенках форм прокалывают одно против другого отверстия для груза и контактирующей подвески.

Восковыми композициями удобно также пользоваться с целью получения оттисков с плоских филигранных изделий, офортов и граверных моделей. Для этого на подогретое стекло наливают слой восковой композиции; когда она остынет настолько, что потеряет текучесть, оставаясь в желатинизированном состоянии, отделяют гибкую восковую массу и накладывают блестящей стороной (которая была обращена к стеклу) на копируемую модель, после чего слегка зажимают в прессе типа копирующего.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ ДЛЯ МЕМОРИАЛЬНЫХ ДОСОК

При выполнении художественных гальванопластических работ возникают самые разнообразные вопросы, связанные с приемами формирования и изготовления форм. Эти вопросы решаются по-разному в зависимости от характера художественного изделия.

Для успеха репродуцирования в металле формирование скульптуры должно вестись с учетом специфических требований гальванопластической техники (без глубоких впадин в сложных профилях, без поднутрений и т. п.)

Правильно выбранная технология упрощает процесс изготовления форм и одновременно повышает качество гальванопластической репродукции. В качестве примера приведем технологию изготовления форм для мемориальных настенных досок¹. На таких досках обычно имеется текст, рама и часто барельефное изображение.

Мемориальную доску изготавливают следующим образом. На ровный деревянный планшет натягивают чертежную бумагу, размер которой несколько больше размера изготавливаемой доски (бумагу увлажняют водой, затем оклеивают по краям; высыхая, бумага сильно натягивается).

На бумаге размечают место расположения текста, рамы, барельефа и других деталей композиции доски.

Все детали, входящие в состав композиции доски, изготавливаются отдельно в соответствии с ее размерами.

Барельеф и раму выполняют гальванопластически и обрезают по контуру, или отливают из бронзы и прочеканивают, или, наконец, изготавливают из листовой меди при помощи чеканки. Буквы для текста выпиливают из пластмассы, не деформирующейся при 60—70° (температура заливки воском). По разметке на ватманской бумаге буквы наклеивают на нее нитролаком. Барельеф предварительно заливают с обратной стороны воском для создания правильной плоскости и тоже приклеивают нитролаком. Так же устанавливают и раму доски. В случае наличия воздуха под барельефом или другими деталями доски он, выходя наружу, вызывает раковистость на поверхности восковой формы.

¹ Технология разработана заводом «Монументскульптура».

Затем лист чертежной бумаги с наклеенными деталями протирают при помощи кисти подсолнечным или касторовым маслом, чтобы избежать прилипания воска.

Вокруг подготовленной таким образом модели доски устанавливают обичайку в виде обычной деревянной рамы, высота стенок которой должна настолько превышать высоту рельефа модели, чтобы получилась достаточно массивная, толстая и прочная форма, не подвергающаяся деформации.

Стык между обичайкой и доской тщательно промазывают глиной во избежание протекания воска.

После этого приготовленную модель заливают восковой монтажной композицией, остуженной до образования на ее поверхности корки.

Остуживание воска необходимо для устранения прилипания его к бумаге и дереву, а также чтобы он не мог расплавить воск, ранее введенный под барельеф.

После затвердевания воска обичайку разбирают, восковую форму снимают, переворачивают лицевой стороной вверх и осторожно извлекают из нее заформованные детали. Для удаления из восковой формы деталей, в особенности пластмассовых букв, лучше всего пользоваться тонким шилом или ножом с узким острием. Затем форму осматривают, устраняют обнаруженные дефекты, подрезают края формы.

Подготовленную форму укладывают на лист пластмассы толщиной 10—15 мм, в котором имеются отверстия для крепления формы. После зарядки и нанесения на форму электропроводящего слоя ее загружают в ванну.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВОСКОВЫХ КОПИИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ НАРАЩИВАНИЯ ПО ВЕРХУ

Способ наращивания металла по верху на восковые копии моделей, служащие позитивными формами, представляет большой интерес, так как упрощает и значительно удешевляет себестоимость гальванопластических работ.

Такой метод наращивания металла можно применять, если не требуется особой точности репродуцирования деталей и можно подвергать их механической обработке и чеканке наравне с деталями, изготовляемыми в художественной промышленности из листовой меди.

К деталям, наращиваемым по верху, относятся, например, детали художественной осветительной арматуры, скульптура, не рассматриваемая на близких расстояниях, и всевозможные художественные детали, которые должны быть тонкостенными или не должны иметь соединительных швов и пр. Для наращивания по верху особенно пригодны детали с формой тел вращения.

Для успешного ведения гальванопластических работ требуется прежде всего хорошо профильтрованный электролит и правильный

режим работы при электролизе, что обеспечивает получение мелкокристаллических отложений металла и полное отсутствие дендритов.

Техника изготовления восковых копий моделей для наращивания металла по верху близка к технике подготовки восковых моделей для прецизионного литья, или так называемого литья по восковой модели.

Восковые модели изготавливаются из церезина или композиции, содержащей 50% парафина и 50% стеарина и обладающей достаточно низкой температурой плавления и незначительной усадкой, а после застывания — значительной твердостью.

Парафино-стеариновая композиция заливается в увлажненные гипсовые кусковые формы.

По застывании восковой композиции копию модели вынимают из гипсовой формы и удаляют швы, образующиеся на местах стыков кусков, и исправляют дефекты, возникающие в процессе отливки восковой модели.

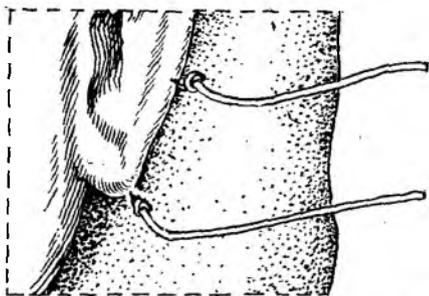
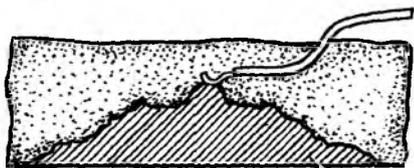
Перед заливкой воска в гипсовую форму укладывают контактирующие проводники в виде крючков или узлов, особенно в глубокопрофилированные места будущей модели, яв-

ляющиеся выступами в гипсовой форме. После заливки эти проводники выступают над моделью загнутыми концами (рис. 20—21). В форму укладывают также латунный или медный стержень, служащий одновременно каркасом и контактирующей подвеской, соединяемой со штангой ванны.

При наращивании деталей по верху решающее значение имеет скорость затяжки детали металлом в гальванопластической ванне. Она зависит от качества нанесенного электропроводящего слоя.

Правильное расположение контактирующих проводников является немаловажным фактором при затяжке формы модели металлом.

По отложении металла соответствующей толщины (обычно 1,5—2 мм), не искажающей рельефа, но достаточной для работы чеканами, его обрабатывают рифлевками, а затем прочеканивают, после чего восковую композицию вытапливают.



20, 21. Схема подвода проводников к выступающим деталям модели.

Формы из высокополимеров

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛАСТИЧНЫХ ФОРМ ИЗ ПОЛИХЛОРВИНИЛОВОГО И КАУЧУКОВОГО ЛАТЕКСА

Для репродуцирования мелкой сложнопрофилированной скульптуры, имеющей поднутрения, резкие переходы и т. п., а также для получения настольной монолитной, бесшовной скульптуры (главным образом статуэток) применяют эластичные формы из каучукового и полихлорвинилового латекса¹, которыми можно заменить гипсовые кусковые формы, малопригодные для мелких изделий.

Обычно формы из латекса укрепляют в гипсовом или парафиновом кожухе, чтобы предохранить их от деформирования (при опускании в ванну и в процессе наращивания металла).

Каучуковый или полихлорвиниловый латекс дает очень тонкий слой; для получения форм с достаточно прочными стенками приходится наносить 15—20 слоев латекса.

Наиболее удобно наносить слой латекса распылителем (пульверизатором), менее удобно — окунанием, так как оно способствует образованию воздушных пузырей в поднутрениях и т. п. Чтобы избежать пузырей, первый слой наносят пульверизатором, а последующие — окунанием.

Каждый нанесенный слой должен быть тщательно высушен перед нанесением следующего. Для высыхания требуется 15—20 мин при комнатной температуре. Для ускорения высыхания можно пользоваться теплым воздухом, подаваемым вентилятором от рефлектора, или феном; можно ограничиться установленным на подходящем расстоянии тепловым рефлектором.

Готовую латексную форму разрезают (обычно бритвенным лезвием) на модели в наиболее удобных и малозаметных местах, не обязательно по вертикали, так что разрез может представлять сложную ломаную линию.

Разрезанную форму снимают с модели. После съема форма сама возвращается к первоначальному виду. Для повышения эластичности форму снаружи и внутри промазывают смесью касторового масла со спиртом в пропорции 9:1 и внутрь ее заливают гипс, чтобы избежать деформаций при дальнейшем изготовлении гипсового или парафинового разборного кожуха.

Разборный кожух после изготовления снимают по частям, эластичную форму выворачивают и удаляют внутреннюю гипсовую заливку, затем снова собирают разборный кожух, пропитывают гипсовый кожух восковой композицией, вводят внутрь эластичную форму, после чего скрепляют кожух резиновыми манжетами.

Изготовленная латексная форма может быть вывернута для нанесения на ее внутреннюю полость электропроводящего слоя. Форму с нанесенным электропроводящим слоем возвращают к первоначальному виду.

¹ Латекс представляет собой эмульсию полихлорвинила или каучука в воде.

Для расположения контактирующих проводников используют выступающие второстепенные детали формы, например плинт. Можно также в глубокопрофилированные места формы вводить проводники в виде «усиков», вставляемых сквозь стенки латексной формы (проколом).

«Усики» и проводники закрепляют на плинте пластилиновыми пластырями.

Разрез в подготовленной таким образом форме заклеивают изоляционной лентой и закрепляют форму в кожухе.

Описанные эластичные формы могут быть использованы для многократного наращивания металла.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛАСТИЧНЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ ПОЛИХЛОРВИНИЛОВОЙ СМОЛЫ

Наиболее простыми в изготовлении и надежными в технологии гальванопластики, выдерживающими многократное наращивание металла, являются формы из полихлорвинилового смолы¹.

По эластичности и прочности они во много раз превосходят латексные формы.

Формы из полихлорвинилового смолы можно снимать со всех видов материалов, включая модели скульптуры, выполненной в глине.

Для изготовления форм применяется, например, следующий состав (в вес. частях):

Полихлорвиниловая смола	20
Дибутилфталат	76
Стеарат кальция	2
Касторовое масло	2

Указанные вещества загружают в эмалированную посуду и нагревают на песочной бане до 100° при энергичном перемешивании. По получении однородной массы температуру подгорева доводят до 130—150° и поддерживают на таком уровне до полного расплавления и удаления пузырьков воздуха.

Горячую массу выливают на модели, заключенные в соответствующие обихайки.

По остывании массы, которое длится 30—40 мин, обихайки удаляют и готовые формы снимают с моделей.

В зависимости от сложности моделей формы можно стягивать с них или разрезать. Затем их вкладывают в гипсовые кожухи, как латексные.

Формы из полихлорвинилового смолы можно хранить длительное время без отрицательного влияния на их качество, а также расплавлять и использовать массу для изготовления новых форм.

¹ Авторы способа изготовления форм — Д. Д. Чегодаев, Г. А. Ляндсберг, Г. Н. Рябинина, С. С. Крылов.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛАСТИЧНЫХ АКРИЛОВЫХ ФОРМ

Акриловые смолы, употребляемые для изготовления форм, должны обладать высокой текучестью, что обеспечивает хорошее заполнение репродуцируемых моделей при незначительном удельном давлении.

Для изготовления форм из пластической массы используется эмульсионный порошок полиметилметакрилата и мономер — метилметакрилат; количеством вводимого мономера регулируют текучесть пластмассы.

Формы обычно изготавливают из эмульсионного порошка, нагретого в горячей воде, благодаря чему полимеризация и затвердевание происходят чрезвычайно быстро.

Подготовка к формованию заключается в смешении эмульсионного порошка с мономером в стеклянном или фарфоровом стакане. Перед формованием к полимеру добавляют катализатор (перекись бензоила) и пластификатор (трифенилфосфат и дибутилфталат).

Пластмассу АКР-7 для формования приготавливают из 2 вес. частей эмульсионного порошка и 1 вес. части мономера.

Эмульсионный порошок и мономер смешивают в стеклянной или фарфоровой посуде при помощи стеклянной, фарфоровой или алюминиевой мешалки.

После размешивания смесь эмульсионного порошка и мономера должна набухнуть, для чего посуду со смесью накрывают стеклом и выдерживают 20—40 мин. После набухания смесь из рассыпчатой становится тестообразной. Когда масса перестает прилипать к мешалке и стенкам посуды, она готова.

Пластмасса АКР-9 состоит из эмульсионного порошка, жидкого пластификатора — дибутилфталата и пластификатора — салола. Пластическую массу готовят смешением эмульсионного порошка с салолом и последующим смешением с дибутилфталатом в фарфоровой ступке, в которой она тщательно растирается. На 1 вес. часть дибутилфталата берут 3 весовых части эмульсионного порошка.

Для формования можно применять и металлические противни, специально изготовленные в соответствии с размером моделей. На дно противня укладывают целлофан, а на него ставят модель, снова покрываемую целлофаном и металлической плиткой толщиной 5—8 мм, к последней прилагают давление.

Пластмасса должна быть консистенции теста и хорошо размешана. Подготовленную массу накладывают на модель, которую предварительно покрывают тонким листом целлофана.

Модель можно также помещать на фарфоровой, эмалированной тарелке или кювете и заключать ее в металлическую обечайку. Приложив давление, снимают целлофан, снова кладут с избытком приготовленную пластмассу и уплотняют.

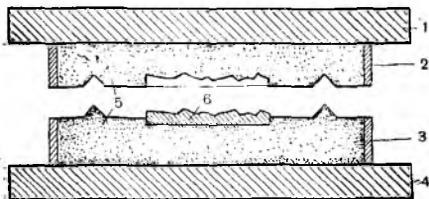
Сверху пластмассы снова кладут лист целлофана, а поверх него — металлическую плиту и опять подвергают постепенно возраста-

ющему давлению в течение 0,5—1 мин; для чего используют винтовой пресс или струбцинку.

Сняв плиту с обичайки, снова добавляют пластмассу.

Запрессованную таким образом модель для полимеризации пластмассы помещают в водяную баню.

Пластмассу АКР-7 полимеризуют на водяной бане. Температуру примерно за 1 час повышают до 90—95°. На этом максимальном уровне температуру выдерживают 30—40 мин, после чего выключают подогрев и через 15—20 мин выгружают форму из водяной бани, медленно охлаждают ее и отделяют от модели.



22. Схема пуансона и матрицы для прессования из оргстекла:

1 — плита, 2 — верхняя обичайка, 3 — нижняя обичайка, 4 — стол прессы, 5 — гипсовые подушки, 6 — металлическая модель

Пластмассу АКР-9 ставят на 15—20 мин для набухания на водяную баню с температурой 70—80° и размешивают стеклянной мешалкой. Масса считается готовой для формования, когда перестает прилипать к мешалке и стенкам сосуда.

Из описания процесса ясно, что акриловые формы можно снимать с гипса, не подвергнутого пропитке.

Из эластичной массы АКР-7 можно получать стойкие формы для массового репродуцирования медальерных работ, а также мелкой и барельефной скульптуры, формирующейся на выход.

Можно также применять гипсовые подушки и для металлических моделей, изготавливая таким образом блок гипсового штампа (рис. 22). Верхней частью такого штампа является пуансон, производящий давление непосредственно на модель.

Нижнюю и верхнюю части блока гипсового штампа формируют в металлической обичайке, представляющей собой бандаж, противостоящий боковому давлению.

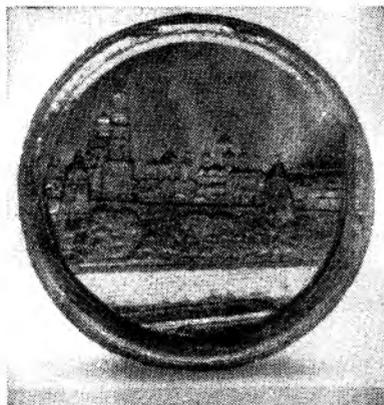
Гипсовые подушки имеют направляющие в виде уступов, обычно применяемых в формовочном деле; уступы служат для совмещения соединяемых частей штампа.

Формы для штамповки акрилата представлены на рис. 23.

Для изготовления форм можно также использовать органическое стекло в виде листового акрилата, подобранного по толщине соответственно высоте рельефа модели, с которой снимается форма.

Формы из листового акрилата можно снимать только с металлических барельефных моделей в виде медальонов, плакеток и медалей, выдерживающих давление прессования и имеющих рельеф, пригодный для работы на выход.

При изготовлении форм такого типа необходимо нагреть органическое стекло, следя за тем, чтобы в процессе нагрева стекло не запузырилось и не вспыхнуло от перегрева; поэтому целесообразно нагрев производить в кипятке.



23. Медные формы для штамповки из оргстекла, полученные гальванопластикой

Заготовку органического стекла, размягченную до резиноподобного состояния, укладывают на стол ручного винтового пресса, на заготовку укладывают модель и достаточно толстый слой (30—40 мм) мягкой губчатой резины, защищающей оборотную сторону модели от повреждений; это особенно важно, если на оборотной стороне модели имеется рельеф, как, например, в медалях.

Поверх губчатой резины укладывают металлическую плитку, на которую и производят давление прессом в течение 3—5 мин, почти до полного отвердевания органического стекла. После пресования форму вместе с моделью погружают в воду для полного охлаждения.

Модель извлекают из готовой формы легким постукиванием. В форме сверлят отверстия для контактирующей подвески и груза. Проводящий слой обычно наносят при помощи химического серебрения или катодного опыления металлом.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦЕЛЛУЛОИДНЫХ ФОРМ

Целлулоидные формы применяются для получения копий с плоских оригиналов небольших размеров, имеющих низкий рельеф, — медалей, плакеток, плоских филигранных изделий и т. п.

Такие формы изготовляют простым тиснением на золотарных или ручных винтовых прессах. Целлулоидные формы обеспечивают достаточную точность воспроизведения копий, не требуют значительного давления, не деформируются и легко снимаются после тиснения с моделей, а после наращивания — с репродукций и поэтому могут служить многократно.

Модели, с которых снимают целлулоидные формы, могут быть из меди, серебра, бронзы или иных металлов, выдерживающих давление пресса.

При температуре 100—110° целлулоид приобретает пластичность без заметной усадки и деформации.

К недостаткам целлулоидных форм следует отнести плохую сцепляемость с графитом при нанесении электропроводящего слоя и воспламеняемость, вызывающую необходимость хранить их в железных ящиках с плотной крышкой.

Целлулоид выпускается в виде прозрачных листов от 0,5 до 3 мм (ОСТ 100043—38). Он должен иметь гладкую поверхность, без царапин, трещин, вздутий и т. п., обладать твердостью и эластичностью, не ломаться при изгибании на 180°. Целлулоид подвержен быстрому старению при хранении; примерно через 5—6 месяцев он может потерять эластичность и стать ломким.

Пластины целлулоида требуемого размера покрывают 0,2—0,3-процентным раствором каучука или воска в бензине; при этом на ней образуется тонкий слой этих веществ. После сушки на воздухе пластину покрывают графитом при помощи ватного тампона.

Для размягчения целлулоид нагревают до 120—125° на паровом столе или иным устройстве (имеющем закрытый подогрев с температурой не выше 130°). Нагреваемый лист целлулоида помещают графитированной стороной на полотно или холст и кладут на плиту, покрыв сверху фланелью для теплоизоляции.

Размягченный лист целлулоида переносят на стол пресса, на который предварительно укладывают стопку в 40—50 листов газетной бумаги, служащую подушкой, сверху накладывают подогретую до 70—80° модель, а на нее — гладкую металлическую плиту. Под давлением пресса целлулоидную форму оставляют в течение 3—4 мин до полного охлаждения целлулоида. Остывшую форму отделяют от модели и снова графитируют.

На приготовленной таким образом целлулоидной форме прокладывают проводники и подвеску, прикрепляют к ней груз и погружают в ванну.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛАСТИЧНЫХ КАУЧУКОВО-ОЛИФНЫХ ФОРМ

Каучуково-олифные составы удобны при изготовлении форм для сложнопрофилированной скульптуры. Обычно их готовят непосредственно перед снятием форм. Неприятной особенностью таких составов является липкость; пачкая руки работающих, они затрудняют работу.

Для изготовления состава применяют канифоль, каучук и олифу (лучше льняное масло). На 1 кг канифоли берут до 500 г хорошо измельченного каучука и 1 кг льняного масла (или столько же олифы).

Растопив канифоль, прибавляют при непрерывном размешивании измельченный каучук. В расплавленную массу понемногу вводят льняное масло или олифу и нагревают до тех пор, пока не начнут выделяться пары.

Массу продолжают размешивать и, доведя температуру до 70—80°, наливают на модель, которую предварительно смазывают олифой.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛАСТИЧНЫХ КЛЕЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Клеевые формы изготовляют на основе столярного клея или технического желатина, которым придается эластичность добавлением глицерина.

Примерный состав для изготовления эластичных моделей (в вес. частях):

Желатин технический (или столярный клей 1-го сорта)	50
Глицерин	50
Карболовая кислота (антисептик)	0,2

При серийном изготовлении клеевых моделей, чтобы избежать пристаивания клея к гипсовым формам (особенно к сырым), можно выклеить полость формы тонкой свинцовой или алюминиевой фольгой.

Для этого полость покрывают нитролаком или лучше медленно сохнущим спиртовым лаком. После подсыхания лака до слабого «отлипа» приступают к выклеиванию формы фольгой. Ее наклеивают небольшими кусками, избегая морщин, для чего предварительно ее прижимают мягкой кистью, затем разглаживают. Достаточно тонкую фольгу наклеивают внахлестку (с небольшим перекрытием краев), тщательно разглаживая места соединения кусков.

Металлические формы

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ ИЗ ЛИСТОВОГО СВИНЦА

Для изготовления форм пригоден свинец, обладающий наивысшей пластичностью, например свинец марки СО-экстра (ОСТ 2885), применяемый в аккумуляторной промышленности. Он должен быть равномерной толщины и не иметь внешних пороков (раковин и пленок).

Листовой свинец используют исключительно для изготовления форм с небольших металлических моделей, имеющих низкий рельеф и могущих выдерживать значительное давление (не менее 30 кг/см²) без каких-либо деформаций. Поэтому для изготовления свинцовых форм пригодны модели главным образом из стали или бронзы, что ограничивает применение таких форм в гальванопластике. Толщина свинцового листа должна быть не менее чем в полтора-два раза больше высоты рельефа.

Перед тиснением формы свинцовый лист чистят стальной щеткой и скоблят до получения гладкой поверхности. Подготовленный свинец смазывают машинным маслом для устранения прилипания к нему модели и приступают к тиснению.

Лист свинца помещают на гладкую стальную плиту, на которую в качестве подушки предварительно кладут 30—40 листов газетной бумаги, на свинец накладывают модель, а поверх — гладкую и вполне плоскую плиту. Затем плавным нажатием пресса на стальную плиту делают оттиск; наибольшую плавность подачи создают гидравлические прессы. При использовании маломощных прессов можно производить тиснение и по частям, но для этого требуется большая осторожность и навык, чтобы не деформировать модель.

Полученную форму обезжиривают в бензине для удаления масла. К готовой свинцовой форме припаивают легкоплавким припоем контакт-подвеску требуемого сечения и покрывают форму с обратной стороны плотным слоем воска, парафина или лака для защиты нерабочей ее стороны от наращивания металла.

Рабочую поверхность формы обливают 2-процентным раствором каучука или воска в бензине, по высыхании которого ватным тампоном или кистью наносят графит до образования ровного серебристо-черного слоя. Остаток графита сдувают мехом или «фукером» (насос типа велосипедного) и опускают форму в электролит.

По другому способу свинцовые формы обрабатывают в концентрированном растворе хромовой кислоты, для этого предварительно формы обезжиривают в бензине или уайт-спирте, затем в 3—5-процентном растворе углекислого калия и после промывания в проточной воде декапируют в течение 20—30 сек в 3—5-процентном растворе азотной кислоты. После промывания в проточной воде формы оксидируют для нанесения разделительного слоя в концентрированном растворе хромовой кислоты в течение 5—10 мин.

Готовую форму отделяют от модели одним из двух способов. Если для формы применяется тонкий листовой свинец толщиной 1,5—2 мм, его обычно скатывают в трубку, предварительно отделив от формы край свинца. Толстый листовой свинец подплавляют на железном противне.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ФОРМ

Для получения бесшовных алюминиевых пустотелых форм методом пульверизации восковую скульптуру — копию модели — покрывают распыленным металлом, который наносят давлением воздуха. Металл вылетает из сопла аппарата в виде частиц диаметром 0,1—0,15 мм.

Скорость частиц металла 140—300 м/сек, температура их на расстоянии 100—140 мм от сопла аппарата не выше 60—70°, а на расстоянии 200—300 мм всего 30—40°. Благодаря этому при по-

крытии алюминием модели, изготовленной из восковой или пластилиновой композиции, имеющей температуру плавления 50—70°, не происходит ее подплавления.

Толщина слоя металла, наносимого пульверизацией, составляет от 3 до 10 мм.

Для получения бесшовных форм из распыленного алюминия восковые или пластилиновые копии моделей покрывают металлом, затем воск или пластилин выплавляют из готовой алюминиевой формы через заранее сделанные отверстия или через плит скульптуры.

Для снятия гальванической копии с алюминиевой формы наращивают медь внутри формы прокачиванием электролита, затем алюминий удаляют растворением.

Для получения металлических форм распылением алюминий имеет преимущества: сравнительно низкую точку плавления (660°), хорошую растворимость в едком натре или подогретой соляной кислоте.

Для получения бесшовной медной скульптуры в алюминиевых формах предварительно отливают восковую композицию в гипсовой кусковой форме обычным способом, но без стержня внутри модели.

Отделав швы, образовавшиеся после отливки восковой копии модели, распыляют алюминий.

Как было упомянуто выше, при изготовлении формы оставляют в ней отверстия, служащие для выплавления воска, промывки формы и для прокачивания электролита через форму. Отверстия располагают в отдаленных узких частях скульптуры, где при отсутствии прокачивания электролит застаивается.

Отверстия могут быть диаметром в 2—3 мм и больше, в зависимости от размеров скульптуры. Во избежание зарастания отверстия должны быть снабжены резиновыми трубками. Главное отверстие должно иметь штуцер из пластмассы для шланга, подающего электролит от насоса.

После выплавления воска форму промывают чистым бензином для растворения восковой пленки, остающейся внутри формы. Затем форму обязательно промывают горячей водой (70—80°) до удаления следов бензина. Подготовленную форму сушат и покрывают снаружи асфальтовым лаком или воском для предохранения от наращивания меди.

При наращивании меди в закрытой алюминиевой форме последняя сама служит ванной. Электролит можно подавать самотеком или насосом.

Алюминиевые (а также силуминовые и дюралевые) формы растворяют в подогретых до кипения едких щелочах — едком натре или едком калии. Еще быстрее они растворяются в 30-процентной соляной кислоте, подогретой до 30—40°. Однако при этом поверхность медной репродукции становится матовой. Матовость устраняется крацеванием скульптуры вращающейся мягкой латунной щеткой.

Достоинством способа изготовления форм распылением является возможность получать такие формы с небольших объемных скульптур и барельефов, имеющих поднутрения и замки.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ ИЗ ЛЕГКОПЛАВКИХ СПЛАВОВ

Изготовление форм из легкоплавких сплавов, обладающих особо низкой температурой плавления, — один из удобных способов репродуцирования скульптур. Такие формы можно снимать с копий моделей пластмассовых, гипсовых, деревянных, из тугоплавкой восковой композиции и других материалов.

Дороговизна металлов, входящих в легкоплавкие сплавы, ограничивает применение этих сплавов для изготовления крупных форм.

Но при мелкосерийном и особенно единичном репродуцировании мелкой скульптуры применение легкоплавких сплавов целесообразно. Оно особенно удобно при воспроизведении мелкой объемной скульптуры, модели которой готовят из восковой композиции. Металлические формы удобны также в связи с ненадобностью наносить электропроводящий слой, что затруднительно делать внутри мелких и сложнопрофилированных форм, удобны и просты для отделения форм после наращивания скульптуры: их выплавляют в горячей воде или в подогретом минеральном масле с высокой температурой вспышки.

Примеры легкоплавких сплавов даны в таблице 3.

Свинцово-сурьмяные сплавы типа гартблей и цинковые сплавы менее пригодны для репродуцирования скульптуры, так как имеют сравнительно высокую температуру плавления и недостаточно точно воспроизводят очертания скульптур. Они менее дороги, чем другие, но могут применяться только при изготовлении форм с металлических грубопрофилированных моделей.

Сплавы с особо низкой температурой плавления находят более широкое применение, так как пригодны для изготовления форм с моделей из материалов, не допускающих действия высоких температур, и точно воспроизводят очертания скульптур.

Таблица 3

Сплавы с низкой температурой плавления

Наименование сплава	Температура плавления в °С	Химический состав (в %)				
		кад-мий	вис-мут	свинец	олово	ртуть
Весьма легкоплавкий	48	6	36	28	—	30
Анатомический	60	—	53,5	17	19	10,5
Сплав Вуда	68	12,5	50,0	25	12,5	—
Легкоплавкий	82	1,1	50,0	42,9	—	—
Сплав для тонкого литья	92	—	50,0	30,0	20,0	—
Сплав Розе	100	—	50,0	28,0	22,0	—

К сожалению, наиболее низкоплавкие сплавы содержат в своем составе ртуть, и потому постоянное обращение с ними вредно для организма. Поэтому можно рекомендовать пользование сплавом Вуда, тем более что он имеется в продаже готовым.

Легкоплавкие металлы следует расплавлять во избежание окисления под защитным слоем нашатыря или мелкого древесного угля. Сплавы не следует перегревать значительно выше точки плавления. Модели должны быть совершенно сухими и если они металлические, то подогретыми, чтобы легкоплавкий сплав не застывал раньше, чем успеет хорошо их заполнить.

Металл надо заливать непрерывной струей, на близком расстоянии от модели, чтобы избежать попадания в него воздуха и образования раковистости.

После изготовления форм легкоплавким припоем крепят подвески для формы. Во избежание подплавления форм паяние производят очень осторожно. Нерабочую сторону форм покрывают изоляционным лаком или воском, чтобы предотвратить наращивание металла.

ГЛАВА IV

НАНЕСЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ НА ФОРМЫ

СПОСОБЫ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Материалы, из которых изготавливаются формы для гальванопластического наращивания металла, являются диэлектриками, поэтому для создания на их поверхности электропроводящего слоя требуется специальная обработка.

Чтобы наносимый слой не ухудшал точность гальванорепродукции, он должен быть очень тонким.

Электропроводность можно придать механическим натиранием или химическим путем. Проводящие слои для гальванопластических форм см. также на стр. 183.

Наиболее распространенным и дешевым материалом для механического нанесения электропроводящего слоя (натиранием) является графит; применяются и порошкообразные металлы: медь, бронза, серебро и золото.

Химический способ придания электропроводности заключается в выделении на поверхности формы меди, серебра или золота из их солей.

Применяется также способ нанесения металла в вакууме катодным распылением или испарением в вакууме.

Механические способы

ПОДГОТОВКА ГРАФИТА

Существует несколько сортов графита; наиболее приемлем для создания электропроводящего слоя на формах чешуйчатый графит.

Применяемый для натирания форм графит должен удовлетворять требованиям ГОСТ 4408—48, отличаться чистотой, не иметь посторонних примесей, не быть крупночешуйчатым или матовым (матовый графит — землистый или так называемый сажевый — можно употреблять только как наполнитель для восковых форм).

Предварительно графит обрабатывают. Обычный мелкий чешуйчатый графит размалывают в фарфоровой шаровой мельнице с водой или растирают в фарфоровой ступке; наиболее мелкий гра-

фит — коллоидный — измельчают в коллоидной мельнице. Из размолотого графита удаляют содержащиеся в нем обычно окислы железа, для чего замешивают в сметанообразную массу с водой и добавляют соляной кислоты; через сутки графит осаждается на дно сосуда. Воду сливают, графит многократно промывают водой до полного удаления кислоты, затем сушат, растирают шпательем и просеивают через тонкое металлическое или шелковое сито с числом отверстий не менее 400 на 1 мм². Наиболее мелкий графит используется для небольших и очень точных копий: для копий большого размера можно применять более крупный графит, так как он обладает повышенной электропроводностью.

Следует отметить, что графит, в отличие от меди, бронзы, серебра и золота, имеет значительно удельное сопротивление. При небрежном графитировании омическое сопротивление графита может еще более возрасти. Его следует наносить плотным слоем, чтобы частицы графита хорошо соприкасались между собой.

Для повышения электропроводности графита, что ускоряет наращивание первого слоя металла, применяют химические способы обработки графита.

По одному из них графит смешивают с эфирным раствором азотнокислого серебра и после нанесения на форму подвергают действию яркого света.

Можно заранее обработать графит серебром; смешивают его с раствором азотнокислого серебра в дистиллированной воде, затем сушат, разрыхляют и насыпают на помещенное под источником света стекло, на котором перемешивают. Азотнокислое серебро восстанавливается до металлического, обволакивая каждую частицу графита.

Более эффективный способ обработки заключается в том, что графит, смоченный азотнокислым серебром, подвергают прокаливанию, для чего 100 г предварительно обработанного графита разводят в виде суспензии в растворе 10—15 г азотнокислого серебра в 200 г дистиллированной воды. Высушив графит, прокаливают его при красном калении в закрытом тигле. После охлаждения такой прокаленный «серебряный графит» разрыхляют и снова просеивают через мелкое сито.

Аналогичным образом получают «золоченый графит»: 100 г обработанного и просеянного графита замешивают с 0,2 г хлористого золота в 200 г серного эфира, затем сушат и подвергают действию яркого света.

Существует прием обработки графита и после графитирования гальванопластических форм. В густую пастообразную водную суспензию графита вводят азотнокислое серебро и после нанесения на форму подвергают действию сероводорода; азотнокислое серебро переходит в сернистое.

Можно добавлять порошкообразное серебро и непосредственно к графиту. Для получения такого серебра можно пользоваться контактным способом: 2—3 г азотнокислого серебра растворяют в 1 л дистиллированной воды и в раствор бросают кусочки меди, на

которой выделяется металлический порошок серебра. Раствор следует взбалтывать для освобождения кусочков меди от уже выпавшего на нее порошка серебра, затрудняющего дальнейшее выделение. По окончании реакции раствору дают отстояться до выпадения на дно всей взвеси серебра. Затем жидкость сливают, а порошок металлического серебра несколько раз промывают водой, сушат и добавляют к графиту.

Существует также способ предварительного опыления тонкого слоя графита серебром или золотом в камере катодного распыления металла.

ОСОБЕННОСТИ НАНЕСЕНИЯ ГРАФИТА НА РАЗЛИЧНЫЕ ФОРМЫ

Графитирование всегда производят с большой осторожностью. При нанесении графита на формы, имеющие тонкий рельеф, надо применять кисть из мягкого, но не очень длинного волоса, чтобы пользоваться торцом кисти. На кисть следует надевать резиновую трубку, чтобы защищать форму от возможного соприкосновения с металлической державкой кисти.

Для графитирования обычно применяют акварельные колонковые кисти от № 8 до № 14, а также более жесткие кисти, употребляемые в масляной живописи. Кроме того, пользуются ватными тампонами, главным образом для натирания гипсовых форм.

Гипсовые формы, пропитанные озокеритом, или восковые формы лучше графитировать, когда они еще не совсем остыли: тогда сцепляемость частиц графитовой пудры с полостью формы значительно повышается. Для этого производят графитирование в два приема. Предварительно еще теплую форму осторожно припудривают ватным тампоном, нанося графит в избытке, затем, по охлаждении формы, ее окончательно графитируют.

Если форма приготовлена из мягкой восковой композиции и в особенности из пластилина, следует пользоваться мягкими беличьими кистями или ватными тампонами.

Гипсовые формы после пропитки озокеритом можно в теплом виде припудривать тампоном. По охлаждении формы можно втирать в нее графит ватным тампоном. Затем стенки полости гипсовой формы следует дополнительно графитировать довольно жесткой кистью, обращая главное внимание на узкие или глубокие детали рельефа.

При графитировании ватным тампоном необходимо часто осматривать его рабочую поверхность: навоощившись, тампон может повредить рельеф формы.

Наиболее трудно графитируются парафиновые формы, так как графит чрезвычайно плохо сцепляется с их поверхностью, вследствие чего требуется длительное графитирование. Парафиновые формы лучше графитировать кистью, а не тампоном, потому что парафин хрупок и при натирании склонен к отслаиванию.

При нанесении графита на пластилиновые формы или непосред-

ственно на пластилиновые рельефы, а также на круглую скульптуру из пластилина поверхность следует предварительно покрывать шеллачным лаком для создания тонкой пленки, предохраняющей верхний слой пластилина от повреждений при графитировании и от размывания электролитом.

Следует рекомендовать скульптору изготавливать пластилиновые барельефы на пластмассовой или стеклянной подложке, создающей плоский фон.

Круглую скульптуру из пластилина, на которую наращивают металл поверх пластилина, надо изготавливать на алюминиевых каркасах. Если опора каркаса выходит наружу, ее следует покрывать парафином или воском. Но выступающую часть каркаса следует оставлять до конца гальванопластического процесса, так как каркасом можно пользоваться для подвески скульптуры в ванне. Только по окончании процесса выступающую часть каркаса отрезают ножовкой, а надрез плотно замазывают пластилином, покрывают проводящим слоем, затем наращивают тонким слоем металл, подвешивая в электролит на медной проволоке.

Для нанесения графита на стеклянные, пластмассовые и другие материалы, на которые металл наращивают преимущественно в декоративных целях, можно пользоваться следующим приемом. Графитируемый материал предварительно покрывают тонким каучуковым или восковым слоем, для чего готовят 0,1—0,3-процентный раствор каучука или воска в чистом бензине и наносят его пульверизацией, окунанием или кистью. После этого мягкой кистью тщательно наносят графит.

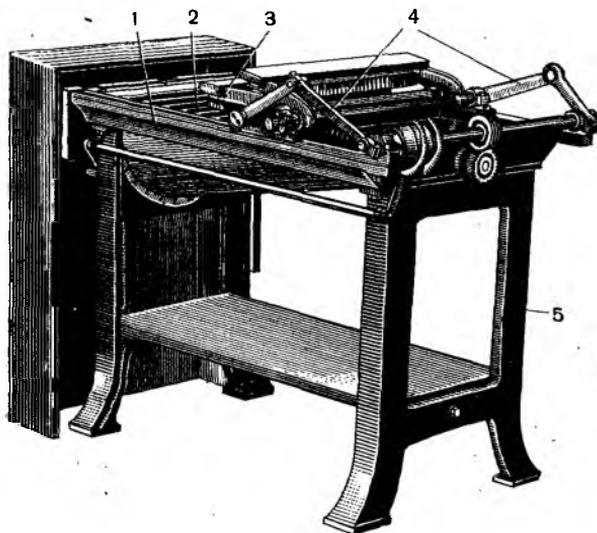
При наращивании металла на гигроскопичные материалы, например дерево, кружево, бумагу и т. п., предварительно пропитывают их парафином или воском. Так, например, кружева и ткани, подвергаемые гальванопластическому наращиванию, нужно предварительно натягивать на каркас из жесткого электропровода с хлорвиниловой изоляцией, затем пропитывать окунанием в расплавленный парафин или воск. Далее для удаления лишнего воска или парафина ткань или кружево кладут между слоями папиросной или тонкой писчей бумаги и проглаживают утюгом. Затем еще в теплом виде припудривают их графитом, натирают жесткой кистью и обдувают воздухом (при помощи меха или от компрессора) для удаления несвязанного графита.

Графитирование форм из гуттаперчи, целлулоида, дерева и других твердых материалов не отличается от графитирования гипсовых форм: графит втирают ватным тампоном с последующей обработкой кистью.

Способ графитирования форм для гальванопластического репродукцирования скульптуры не механизирован, так как формы, снятые со скульптур, обычно глубоко и резко профилированы, вследствие чего в каждом случае требуется индивидуальная ручная обработка графитом. Для опыления крупных форм в отдельных случаях можно использовать пескоструйный аппарат, нанося графит сжатым воздухом на стенки полости формы, предварительно

покрытые медленно сохнушим шеллачным лаком. Опыление форм графитом производят в изолированной камере. Но при таком способе покрытия графитом расход его значительно повышается. После графитирования пульверизацией формы приходится дополнительно обрабатывать — вручную уплотнять нанесенный слой графита. Для графитирования форм с низким рельефом можно использовать специальный станок, применяемый для тех же целей в полиграфической промышленности (рис. 24).

На чугунной станине 5 станка расположено графитирующее приспособление, которому сообщается возвратно-поступательное движение кривошипным механизмом 4. Приспособление смонтиро-



24. Графитировочный станок:

1 — направляющие, 2 — стол, 3 — рама, 4 — кривошипный механизм, 5 — станина

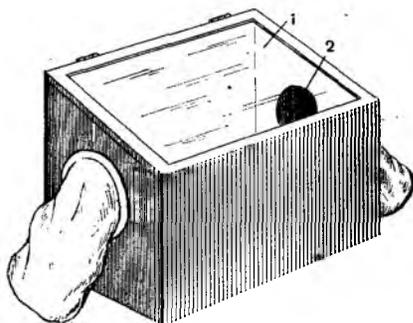
вано на раме 3, движущейся по направляющим 1. В раме укреплены щетки из мягкого волоса. Между направляющими имеется стол 2, на который устанавливают и крепят обрабатываемую форму. Графит подают вручную; в процессе графитирования он сыпается с формы сквозь отверстия в столе в наклонный сборник.

Рабочая часть станка закрывается кожухом, что предохраняет от распространения графитовой пыли.

Для ручного графитирования наиболее целесообразно пользоваться специальным ящиком со смотровым стеклом и отверстиями для рук, снабженными нарукавниками (рис. 25).

В процессе гальванопластического осаждения металла на неметаллические формы бывает, что часть их поверхности — обычно небольшой участок — не затягивается металлом (это может проис-

ходить по ряду причин: недостаточно плотному нанесению графита, неполному смачиванию электролитом всей формы, смыванию графита электролитом при загрузке форм, выделению пузырьков воздуха на форме и пр.). Если, не устранив неполноту затяжки форм, вести дальнейшее наращивание, могут получиться значительные поры в толще металла. Чтобы не допустить этого, формы следует заранее вынуть из электролита, промыть в слабой струе воды или в проточной водяной ванне и просушить незатянувшиеся места формы струей теплого воздуха или фильтровальной бумагой. Затем в незатянувшихся местах надо произвести местное графитирование формы мягкой кистью, лучше торцовой, которая дает возможность производить покрытие графитом не только выступающих частей формы, но и углублений в ней.



25. Ящик для ручного графитирования:
1 — смотровое стекло, 2 — отверстия для рук

Применение ватных и марлевых тампонов для такого дополнительного графитирования совершенно неприемлемо, так как волокна ваты или марлевые нити налипают на форму, что делает металл при дальнейшем наращивании шероховатым.

Формы, покрытые графитовым электропроводящим слоем, необходимо тщательно обдуть воздухом при помощи меха или от компрессора для удаления лишнего, не связанного с формой графита; особенно тщательно следует обдуть формы со сложным глубоким рельефом.

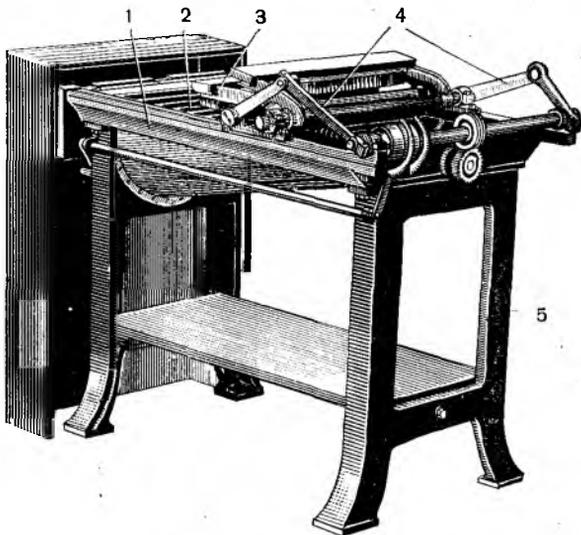
НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Способ образования электропроводящего слоя нанесением бронзовых порошков менее распространен, чем графитирование, так как бронзовые порошки прочно пристают только к пластину или подогретым восковым композициям, но не к материалам, из которых обычно изготовляют формы для гальванопластики. Исключение составляет серебряный порошок, который связывается сравнительно прочно с любым материалом форм.

Бронзовые порошки предварительно обезжиривают в эфире, затем при помощи кисти натирают ими форму, после чего 15—25-процентным раствором спирта полностью смачивают всю ее поверхность. Немедленно после смачивания сливают спирт с формы и наливают на нее подогретый до 30—35° раствор, состоящий из 6 г азотнокислого серебра и 37,5 г цианистого калия в 1 л дистиллированной воды. Когда окраска поверхности формы изменится, раствор

покрытые медленно сохнущим шеллачным лаком. Опыление форм графитом производят в изолированной камере. Но при таком способе покрытия графитом расход его значительно повышается. После графитирования пульверизацией формы приходится дополнительно обрабатывать — вручную уплотнять нанесенный слой графита. Для графитирования форм с низким рельефом можно использовать специальный станок, применяемый для тех же целей в полиграфической промышленности (рис. 24).

На чугунной станине 5 станка расположено графитирующее приспособление, которому сообщается возвратно-поступательное движение кривошипным механизмом 4. Приспособление смонтиро-



24. Графитировочный станок:

1 — направляющие, 2 — стол, 3 — рама, 4 — кривошипный механизм, 5 — станина

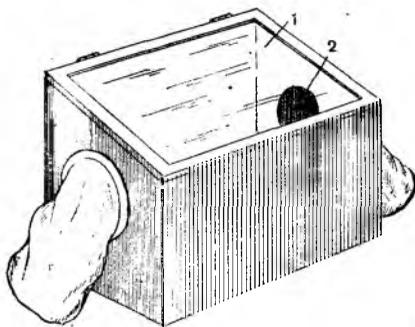
вано на раме 3, движущейся по направляющим 1. В раме укреплены щетки из мягкого волоса. Между направляющими имеется стол 2, на который устанавливают и крепят обрабатываемую форму. Графит подают вручную; в процессе графитирования он сыпается с формы сквозь отверстия в столе в наклонный сборник.

Рабочая часть станка закрывается кожухом, что предохраняет от распространения графитовой пыли.

Для ручного графитирования наиболее целесообразно пользоваться специальным ящиком со смотровым стеклом и отверстиями для рук, снабженными нарукавниками (рис. 25).

В процессе гальванопластического осаждения металла на немаetalлические формы бывает, что часть их поверхности — обычно небольшой участок — не затягивается металлом (это может проис-

ходить по ряду причин: недостаточно плотному нанесению графита, неполному смачиванию электролитом всей формы, смыванию графита электролитом при загрузке форм, выделению пузырьков воздуха на форме и пр.). Если, не устранив неполноту затяжки форм, вести дальнейшее наращивание, могут получиться значительные поры в толще металла. Чтобы не допустить этого, формы следует заранее вынуть из электролита, промыть в слабой струе воды или в проточной водяной ванне и просушить незатянувшиеся места формы струей теплого воздуха или фильтровальной бумагой. Затем в незатянувшихся местах надо произвести местное графитирование формы мягкой кистью, лучше торцовой, которая дает возможность производить покрытие графитом не только выступающих частей формы, но и углублений в ней.



25. Ящик для ручного графитирования:
1 — смотровое стекло, 2 — отверстия для рук

Применение ватных и марлевых тампонов для такого дополнительного графитирования совершенно неприемлемо, так как волокна ваты или марлевые нити налипают на форму, что делает металл при дальнейшем наращивании шероховатым.

Формы, покрытые графитовым электропроводящим слоем, необходимо тщательно обдуть воздухом при помощи меха или от компрессора для удаления лишнего, не связанного с формой графита; особенно тщательно следует обдуть формы со сложным глубоким рельефом.

НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Способ образования электропроводящего слоя нанесением бронзовых порошков менее распространен, чем графитирование, так как бронзовые порошки прочно пристают только к пластилину или подогретым восковым композициям, но не к материалам, из которых обычно изготавливают формы для гальванопластики. Исключение составляет серебряный порошок, который связывается сравнительно прочно с любым материалом форм.

Бронзовые порошки предварительно обезжиривают в эфире, затем при помощи кисти натирают ими форму, после чего 15—25-процентным раствором спирта полностью смачивают всю ее поверхность. Немедленно после смачивания сливают спирт с формы и наливают на нее подогретый до 30—35° раствор, состоящий из 6 г азотнокислого серебра и 37,5 г цианистого калия в 1 л дистиллированной воды. Когда окраска поверхности формы изменится, раствор

сливают и наливают свежий. После того как форма приобретает серый цвет, который больше уже не изменяется, последнюю порцию раствора сливают, а форму тщательно промывают водой.

Для нанесения серебряного порошка можно пользоваться суспензией порошкообразного серебра, наносимого тонким слоем мягкой кистью или непосредственным натиранием сухого порошка на формы. Для приготовления порошкообразного серебра используется азотнокислое серебро. Для этого растворяют 1 вес. часть азотнокислого серебра в 20 вес. частях воды и постепенно вливают в раствор азотнокислого серебра раствор поваренной соли; образовавшийся творожистый осадок хлористого серебра отделяют от жидкости деконтацией или фильтрованием и несколько раз промывают водой; промытый осадок хлористого серебра затем заливают 5-процентным раствором серной кислоты, в этот же сосуд бросают кусочки цинка.

В процессе восстановления хлористое серебро превращается в тончайший порошок серебра. По восстановлении хлористого серебра в металлическое его отделяют от жидкости, промывают водой и затем используют в виде жидкой пасты или порошка, наносимого на металлизированные формы.

К способу механического нанесения металлического слоя относится также выклеивание полости формы свинцовой, латунной или алюминиевой фольгой, накладываемой на нитролак или шеллачный лак. Этот способ пригоден только при репродуцировании скульптур с грубой фактурой. При репродуцировании таких скульптур для создания электропроводящего слоя можно пользоваться и расплавленным алюминием, наносимым распылением на поверхность полости формы равномерным и тонким слоем. Слой алюминия, переходящий при этом способе на готовую металлическую скульптуру, стравливается в горячем едком натре. Для растворения алюминия берется водный раствор едкого натра 200 г/л. Для силумина концентрация едкого натра берется 400 г/л, для дюралюминия — 500 г/л. Кроме того, алюминий и силумин могут быть растворены в 30-процентной соляной кислоте, подогретой до 30—40°.

Способом распыления можно также наносить электропроводящий слой из латуни, которую оставляют на готовой металлической скульптуре, что придает ей цвет бронзы.

Химические способы

НАНЕСЕНИЕ СЕРЕБРЯНОЙ ПЛЕНКИ

Химическая металлизация форм из диэлектриков (восковых композиций парафина и т. п.) ведет свое начало от серебрения стекла для зеркал. Существует множество различных способов такого серебрения; все они основаны на восстановлении серебряной соли в металлическое серебро, некоторые из них применены и в гальванопластике.

Для химической металлизации требуется очень тщательная подготовка поверхности форм. Формы должны быть не только очищены от пыли или иных загрязнений, но и промыты дистиллированной водой, затем обезжирены.

Для повышения смачиваемости формы предварительно промывают не менее 1—2 мин спиртом, затем 2—5 мин раствором следующего состава:

Олово двухлористое	5 г
Соляная кислота (уд. в. 1,19)	40 мл
Дистиллированная вода	1 л

Промыв затем форму дистиллированной водой, приступают к серебрению. Предварительно готовят два раствора.

№ 1. Азотнокислое серебро	40 г
Дистиллированная вода	1 л
№ 2. Пирогаллол	7 г
Лимонная кислота	4 г
Дистиллированная вода	1 л

Перед работой смешивают 1 часть раствора № 1 и 5 частей раствора № 2 и наливают на форму. После того как раствор примет бурый цвет, его сливают, форму промывают дистиллированной водой и повторяют операцию серебрения вторично. По окончании серебрения форму сушат.

Для серебрения парафиновых форм предварительно подготавливают их в растворе щелочи, потом в плавиковой кислоте, после чего дополнительно обрабатывают 10-процентным раствором хлористого олова. После этого приступают к серебрению, пользуясь раствором такого состава (в мл):

Раствор азотинокислого серебра 10%-ный	140
Раствор аммиака 25%-ный	100
Раствор едкого натра 3,5%-ный	750

В этот раствор вводят восстановитель в количестве 7—8% (по объему). Рецепт восстановителя:

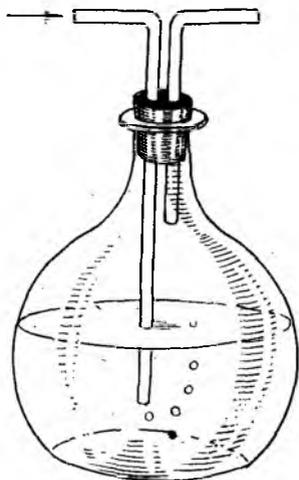
Сахар	100 г
Серная кислота (уд. в. 1,84)	10 г
Дистиллированная вода	1 л

Можно покрывать формы и сернистым серебром. Для этого обработанную двухлористым оловом форму обливают (или смазывают кистью) раствором аммиачного серебра:

Азотинокислое серебро	10 г
Аммиак 25%-ный	25 мл
Спирт этиловый	30 мл
Дистиллированная вода	20 мл

Смоченную форму просушивают и помещают в камеру с сероводородом или обдувают сероводородом в вытяжном шкафу.

Для получения паров сероводорода в фарфоровую чашечку насыпают кусочки сернистого железа и обливают соляной кислотой. При обдувании форм из пульверизатора на дно пузырька наливают сернистый аммоний и вставляют пульверизатор так, чтобы отводная трубка его была на некотором расстоянии от жидкости (рис. 26).



26. Колба для подачи паров сероводорода

Под действием сероводорода на нанесенном слое аммиачного серебра образуется тонкая пленка сернистого серебра, обладающего довольно высокой электропроводностью.

Применяют также способ образования пленки сернистого серебра на поверхности шеллачного лака. Для этого форму покрывают тонким слоем лака и после просушки погружают в раствор (можно также наносить раствор кистью), состоящий из 4 вес. частей азотнокислого серебра в 6 вес. частях спирта. Влажную форму помещают в камеру с сероводородом или обдувают струей сероводорода.

Спиртовой раствор азотнокислого серебра размягчает поверхностный слой шеллака, благодаря чему серебро лучше держится на поверхности формы.

НАНЕСЕНИЕ МЕДНОЙ ПЛЕНКИ

Металлическую медь наносят на формы иными способами. Так, можно предварительно графитированную форму облить сперва 50-процентным раствором спирта для улучшения смачиваемости формы, затем 20-процентным нейтральным раствором медного купороса с добавлением 15-процентного спирта-ректификата. Обработанную таким образом еще влажную поверхность формы посыпают порошкообразными железными опилками, которые перемешивают мягкой кистью. Процесс повторяют два-три раза.

Другой способ заключается в контактном осаждении из аммиачного раствора глицератов меди¹.

Для этого изделия обезжиривают, затем несколько уменьшают гладкость поверхности (стекло, например, шкурят или травят плавиковой кислотой), чтобы улучшить сцепляемость с осажденным металлом. Для изделий из пластмассы рекомендуется протирка венской известью или окисью магния, замешанными на 10—15-процентном растворе поташа или другой щелочи. Для фарфоровых или стеклянных изделий рекомендуется погружение на 1—2 мин в сла-

¹ Авторское свидетельство Д. С. Абрамсон и И. О. Кабакова № 5979 от 1940 г.

бый раствор плавиковой кислоты. После подготовки изделия тщательно промывают струей воды, погружают в 1-процентный раствор азотнокислого серебра на 5 мин и высушивают при 40—50°.

Покрытие предварительным медным слоем осуществляют погружением на 10—20 мин в подогретый до 25—35° состав, полученный прибавлением к раствору меди вначале 400 мл 3-процентного раствора едкого натра, затем 200 мл восстановителя и, наконец, 800 мл формалина.

Раствор меди имеет следующий состав:

Раствор медного купороса 3%-ный	1 л
Концентрированный аммиак	20 мл
Глицерин	70—80 мл

Для приготовления восстановителя к 100 г сахара, растворенного при нагревании в 250 мл воды, прибавляют 0,5 мл концентрированной азотной кислоты. Раствор подвергают продолжительному нагреванию, пока он не приобретет янтарный цвет. Затем его разбавляют водой до объема 1250 мл.

Изделия или формы, покрытые медью, тщательно промывают водой и загружают в электролит.

Катодное распыление

УСТАНОВКА ДЛЯ КАТОДНОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Способ катодного распыления металлов основан на выбивании атомов металла из его кристаллической решетки. Такое выбивание производят ионы газа, обладающие большой кинетической энергией благодаря накладываемому электрическому полю, вызывающему ионизацию газа (воздуха). При этом возникает самоподдерживающийся тлеющий разряд, сопровождаемый свечением.

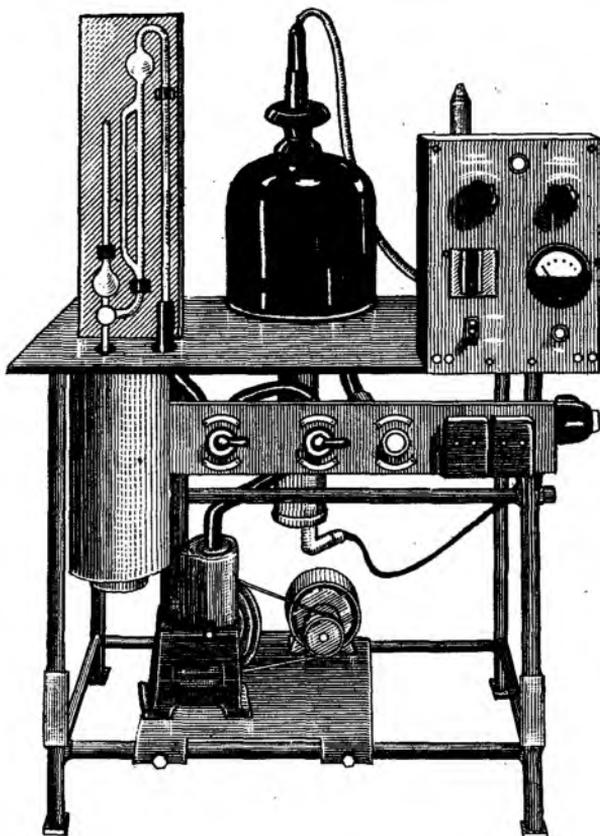
Установка катодного распыления, применяемая автором, показана на рис. 27, а схема ее на рис. 28.

Распыление происходит под стеклянным колпаком, установленным на металлическую плиту с кольцевой прокладкой из специальной вакуумной резины.

В колпак вмонтирован ввод высокого напряжения, соединенный с приспособлением для крепления распыляемого металла, служащего катодом; анодом является металлическая плита. Расстояние между катодом и анодом можно регулировать.

В металлическую плиту вмонтированы отводы к крану впуска воздуха под колпак, к откачивающим воздух насосам и манометру Мак-Леода.

Предварительное разрежение создается масляным насосом, откачивающим воздух до давления порядка $2 \cdot 10^{-1}$ мм ртутного столба. Высокий вакуум порядка $5 \cdot 10^{-3}$ мм ртутного столба создается ртутным насосом. Герметичность установки и мощность насосов таковы, что разрежение $5 \cdot 10^{-3}$ мм ртутного столба наступает пример-



27. Общий вид установки катодного распыления

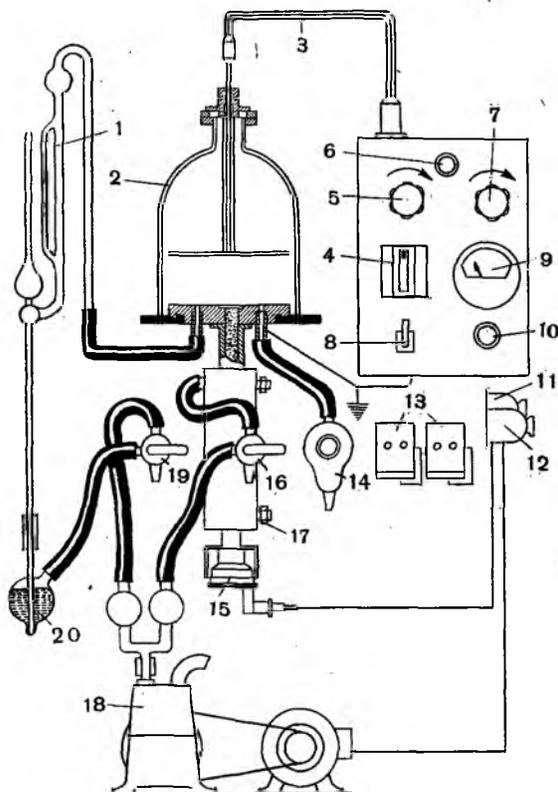
но через 20 мин с момента включения насосов. Ртутный насос имеет рубашку водяного охлаждения.

Выпрямитель тока дает постоянное напряжение до 2000 в при силе тока в 100 ма.

СПОСОБ РАБОТЫ

Нанесение металлического слоя методом катодного распыления обеспечивает наиболее высококачественные результаты, но применимо только для форм, изготовленных из материалов, которые не выделяют газов в вакууме; поэтому оно непригодно для покрытия форм из гуттаперчи, пластилина и т. п. Лучше всего этим способом покрывать формы из восковой композиции или из пластических масс, а также из стекла и фарфора.

Возможность нанесения электропроводящего слоя катодным распылением лимитируется ограниченностью площади под колпа-



28. Схема установки катодного распыления:

1 — манометр Мак-Леода, 2 — камера распыления, 3 — подвод высокого напряжения, 4 — профильный вольтметр, 5 — регулировка напряжения, 6 — сигнал включения, 7 — регулировка силы тока, 8 — тумблер включения выпрямителя, 9 — миллиамперметр, 10 — предохранитель, 11 — включение мотора масляного насоса, 12 — включение нагрева ртутного насоса, 13 — реле максимального тока (на обе фазы), 14 — микрометрическая подача воздуха под колпак, 15 — сток охлаждающей воды от ртутного насоса, 16, 17, 19 — краны, 18 — масляный насос, 20 — баллон со ртутью от вакуумного манометра

ком; поэтому его можно применять в художественной гальванопластике только для обработки небольших форм — при репродукции барельефов и в медальерных работах.

Форму устанавливают на фарфоровых или стеклянных подставках на стальной плите, служащей анодом. В верхней части стеклянной камеры — колпаке — укрепляют серебряный или посеребренный толстым слоем латунный диск, который, служа катодом, распыляется. Время от времени диск вновь серебрят в гальванической ванне. Формы устанавливают на расстоянии 40—50 мм от катода.

По достижении под колпаком вакуума порядка $5 \cdot 10^{-3}$ мм ртутного столба на катод подают напряжение 1800—2000 в, благодаря

чему происходит процесс опыления формы тонким и равномерным слоем металла.

Продолжительность металлизации форм зависит от напряжения, размеров опыляемых форм, сложности профиля и от вида расплавленного металла. Например, увеличение напряжения повышает сцепляемость металла с поверхностью формы, но одновременно, усиливая нагрев, вызывает повышение температуры, так что формы могут начать плавиться или деформироваться. Увеличение длительности опыления также может вызвать оплавление форм. Менее глубокий вакуум замедляет процесс опыления, а пленка металла получается более тонкой и рыхлой. Все это требует строгого подбора режима работы.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОХИМИИ И ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Растворы

Вода является одним из лучших растворителей. Поэтому водопроводная вода никогда не бывает химически чистой: она содержит растворенные соли, газы и пр. Для очистки воды недостаточно ее фильтрования, так как растворенные вещества не могут быть удалены таким способом: на фильтре задерживаются только взвешенные частицы. Для удаления из воды растворенных веществ прибегают к дистилляции.

При каждой данной температуре в воде может содержаться в растворе лишь вполне определенное максимальное количество данного вещества. Раствор, содержащий такое количество вещества, называется насыщенным. Не всегда, но в большинстве случаев это количество возрастает с повышением температуры (т. е. увеличивается растворимость). Не следует путать понятия «растворимость» и «скорость растворения». С повышением температуры скорость растворения всегда увеличивается.

Охлаждение насыщенного раствора вызывает обратное явление — выделение растворенного вещества. Однако такое явление наблюдается лишь в тех случаях, когда растворимость вещества повышается с температурой.

Растворимость вещества измеряется количеством его в граммах, образующим насыщенный раствор в 100 г воды при данной температуре.

Нельзя смешивать понятия «растворимость» и «концентрация». Концентрацией называется содержание вещества в любом, а не только насыщенном растворе. При этом содержание вещества относят к определенному количеству раствора, а не воды. Мы будем ниже встречаться как с весовой концентрацией (например, 50 г в 100 г раствора), так и с объемной¹ (например, 25 г в 1 л раствора).

Раствор, содержащий в 1 л число граммов растворенного вещества, соответствующее его эквивалентному весу², называется нормальным раствором.

¹ Объем всегда будем измерять в литрах или его дробных частях — миллилитрах (мл).

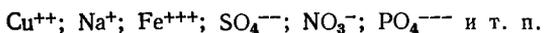
² Эквивалентный вес равен атомному весу, деленному на валентность.

При растворении вещества происходит выделение или поглощение тепла. Например, едкий натр, едкое кали и серная кислота при растворении в воде выделяют много тепла, вследствие чего резко повышается температура, что может сопровождаться вскипанием и разбрызгиванием раствора.

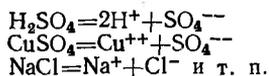
Поэтому никогда не вливают воду в серную кислоту, а, наоборот, кислоту в воду, т. к. удельный вес кислоты больше, чем воды, она опускается вниз, чем устраняется сильное разбрызгивание.

Молекулы солей, кислот и щелочей, растворяясь, подвергаются электролитической диссоциации — распадению на ионы, несущие положительные и отрицательные заряды. Количества положительно и отрицательно заряженных ионов всегда равны между собой, так что раствор остается нейтральным. При прохождении тока через электролит электричество переносится движущимися ионами. Положительные ионы, движущиеся к отрицательному электроду (называемому катодом), называются катионами, а отрицательные ионы, называемые анионами, движутся к положительному электроду (называемому анодом).

Электрический заряд ионов обозначают у анионов знаком минус (—), у катионов знаком плюс (+); ставя эти знаки в количестве, соответствующем валентности данного аниона или катиона, например, обозначают:



Диссоциацию молекулы на ионы выражают электрохимическими уравнениями с обозначениями в соответствии с указанным выше, например:



Законы электролиза

Вещества, распадающиеся при растворении на ионы, называют электролитами. В технике для простоты электролитом называют самые растворы этих веществ. Если в электролит погрузить два проводника, называемых электродами, и присоединить их к полюсам источника постоянного тока, причем к отрицательному полюсу подключить изделие, а к положительному — пластину из того металла, который мы хотим осадить на изделии, то будет происходить электролиз — перенос металла, связанный с перемещением ионов.

Положительно заряженные частицы — катионы — будут разряжаться на отрицательном полюсе, например на погруженной в электролит форме, служащей катодом, а отрицательно заряженные частицы — анионы — на положительном полюсе — аноде.

При прохождении тока через водный раствор медного купороса

ионы меди Cu^{++} , являющиеся катионами, несут положительные заряды, а кислотный остаток SO_4^{-} , являющийся анионом, несет отрицательные заряды. В результате разряда на катоде выделяется металлическая медь, а на аноде кислотный остаток вновь образует серную кислоту.

На катоде всегда разряжается металл или водород, а на аноде — кислотный остаток. Поэтому при составлении электролитов применяют соли, содержащие ионы осаждаемых металлов, а в качестве анода обычно применяют пластины из того металла, который хотят выделить на катоде.

Фарадей установил, что количество химических веществ, выделившихся на электродах, прямо пропорционально количеству электричества, прошедшего через электролит.

Если, например, через электролит пропускать ток в 1 а в течение 1 ч , то на катоде выделится такое же количество металла, какое выделится при прохождении тока силой в 10 а в течение $0,1 \text{ ч}$.

Таким образом, количество вещества, выделяемого при электролизе, измеряется ампер-часами, получаемыми как произведение силы тока на длительность процесса электролиза. Эта величина называется количеством электричества.

Фарадей установил также, что количества веществ, выделенные на электродах равными количествами электричества, относятся друг к другу, как эквивалентные веса этих веществ.

Эквивалентный вес равен атомному весу, деленному на валентность. Так, например, атомный вес серебра равен $107,88$, а так как серебро одновалентно, то эквивалентный вес его выражается тем же числом. Атомный вес меди равен $63,75$, медь двухвалентна, поэтому эквивалентный вес ее $63,75 : 2 = 31,78$.

Для выделения грамм-эквивалента¹ любого металла должно протечь количество электричества, равное $26,8 \text{ а} \cdot \text{ч}$ (ампер-часа). Таким образом, $1 \text{ а} \cdot \text{ч}$, согласно закону Фарадея, выделяет:

$$1 : 26,8 = 0,0373 \text{ г. экв.}$$

Таблица 4

Количество различных металлов, выделяемое $1 \text{ а} \cdot \text{ч}$

Выделенный металл	Ион	Грамм-эквивалент (атомный вес: валентность)	Количество металла (в г), выделяемое $1 \text{ а} \cdot \text{ч}$ ($0,0373 \text{ г. экв}$)
Медь	Cu^{++}	$65,57:2=31,79$	1,186
Никель	Ni^{++}	$58,69:2=29,34$	1,094
Железо	Fe^{++}	$55,84:2=27,92$	1,042
Золото	Au^+	$197,20:1=197,20$	7,357
Серебро	Ag^+	$107,88:1=107,88$	4,025
Водород	H^+	$1,008:1=1,008$	0,0376

¹ Грамм-эквивалентом (*г. экв*) называется число граммов, равное эквивалентному весу.

Расчет количества различных металлов, выделяемых 1 а·ч, приведен в таблице 4.

При пользовании этой таблицей для определения количества металла, выделяющегося при определенной силе тока за какой-либо отрезок времени, надо умножить величину, взятую из последней колонки, на силу тока в амперах и на время электролиза в часах.

Пример. Для определения количества меди, выделяющейся на катоде при силе тока 8 а за 3 часа электролиза, необходимо перемножить числа:

- 1,186 — число г меди, выделяющееся при силе тока в 1 а,
- 8 — рабочая сила тока в а,
- 3 — время электролиза в часах.

Получаем:

$$1,186 \times 8 \times 3 = 48,464 \text{ г}$$

Таким образом, при постоянной длительности электролиза вес отложенного металла зависит от силы тока. Сила тока, отнесенная к единице поверхности электрода, называется плотностью тока; она измеряется в амперах на квадратный дециметр (a/dm^2).

Электрохимический потенциал металлов

Металл, погруженный в слабый раствор своей соли, стремясь раствориться, посылает свои ионы в раствор, которым он окружен. Стремление металла к растворению с образованием ионов неудачно называют электролитической упругостью растворения.

Но ионы, которыми окружен металл, затрудняют дальнейший переход ионов в раствор. Растворение металла с образованием ионов создает разность потенциалов между раствором и растворяющимся металлом. Для сравнения потенциалов металлов условно принимают за нуль потенциал водородного электрода (это плати-

Таблица 5

Электрохимический ряд напряжений

Металл	Ионы в растворе	Нормальный потенциал в нормальном растворе (в в)	Металл	Ионы в растворе	Нормальный потенциал в нормальном растворе (в в)
Калий	K ⁺	-2,92	Олово	Sn ⁺⁺	-0,14
Натрий	Na ⁺	-2,71	Свинец	Pb ⁺⁺	-0,13
Алюминий	Al ⁺⁺⁺	-1,81	Водород	H ⁺	+0,00
Магний	Mg ⁺⁺	-1,87	Сурьма	Sb ⁺⁺⁺	+0,20
Цинк	Zn ⁺⁺	-0,76	Мышьяк	As ⁺⁺⁺	+0,30
Хром	Cr ⁺⁺⁺	-0,55	Медь	Cu ⁺⁺	+0,34
Железо	Fe ⁺⁺	-0,44	Серебро	Ag ⁺	+0,808
Кадмий	Cd ⁺⁺	-0,40	Ртуть	Hg ⁺⁺	+0,86
Кобальт	Co ⁺⁺	-0,255	Золото	Au ⁺	+1,50
Никель	Ni ⁺⁺	-0,25			

новый губчатый электрод, погруженный в нормальный раствор серной кислоты и омываемый газообразным водородом).

Определяя разность потенциалов между водородным электродом и измеряемыми, получают потенциалы, называемые стандартными.

Стандартные потенциалы различных металлов приведены в таблице 5; они расположены в порядке возрастания потенциалов. Такой ряд носит название электрохимического ряда напряжений.

Металлы, стоящие дальше в ряду напряжений, относятся к более благородным. При прохождении тока в раствор переходят сперва металлы, стоящие ближе в ряду напряжений, а выделяются в первую очередь ионы металлов, стоящих дальше в ряду напряжений. Впрочем, при большой силе тока может происходить одновременный разряд различных ионов.

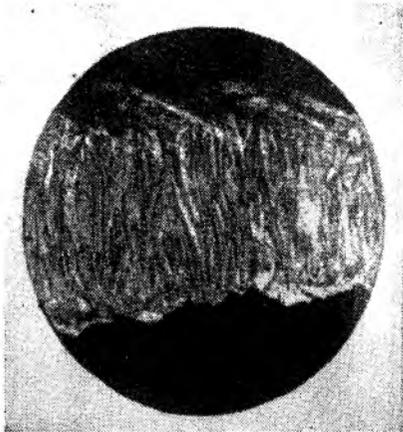
Строение отложенного металла

Отложение металла на катоде можно рассматривать как процесс кристаллизации. Когда ион разряжается, он становится на определенное место в кристаллической решетке, представляющей упорядоченную структуру, присущую твердому сплаву. Зародышей кристаллизации одновременно образуется много, и от всех таких центров идет рост кристаллов, пока не произойдет их встреча.

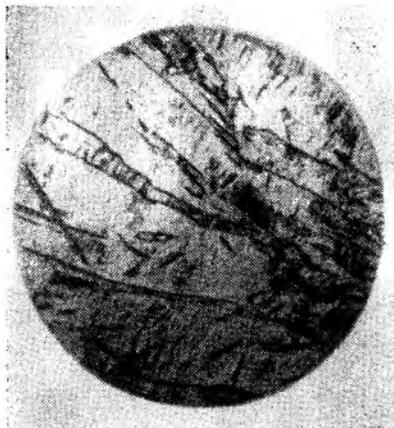
Если вырезать кусочек образовавшегося металла, отшлифовать и отполировать его поверхность до зеркальной гладкости, затем подвергнуть ее легкому травлению, на поверхности обнаружится как бы узор. Рассматривая его в микроскоп, можно сделать выводы о ходе роста кристаллов во время отложения. Полученный таким путем образец называется металлографическим шлифом.

На рис. 29 представлен шлиф гальванопластической меди, взятой автором с одной из статуй Екатерининского парка в г. Пушкино, относящейся к 1841 г. Фотография шлифа сделана через микроскоп с увеличением в 150 раз. Отчетливо виден волокнисто-столбчатый узор из тонких линий; они представляют собой границы, на которых произошла встреча кристаллов, росших на отдельных зародышах. Из-за встречи кристаллов не может образоваться правильная ограниченность, типичная для отдельно растущих правильных кристаллов. Такие кристаллы, мешающие росту друг друга, называются кристаллитами. При рассмотрении шлифа на рис. 29 можно видеть, что кристаллиты расположены в направлении отложения металла (на рисунке — вертикально), случай очень характерный для гальванопластической меди.

На рис. 30 представлен шлиф меди, взятый автором с гирлянды Исаакиевского собора. Видна неравномерность структуры меди, указывающая на недостаточно благоприятный режим отложения, применявшийся при изготовлении этой гирлянды. Темное пятно, обращающее на себя внимание на шлифе, представляет собою включение графита, который применялся в качестве проводящего слоя.



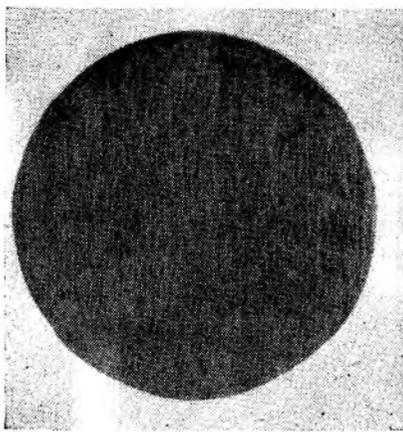
29. Микрофотография шлифа меди (образец от гальваноскульптуры из Екатерининского парка) 150X



30. Микрофотография шлифа меди (образец от гальваноскульптуры из Исаакиевского собора) 150X



31. Микрофотография шлифа меди (образец от гальваноскульптуры из Исаакиевского собора) 150X



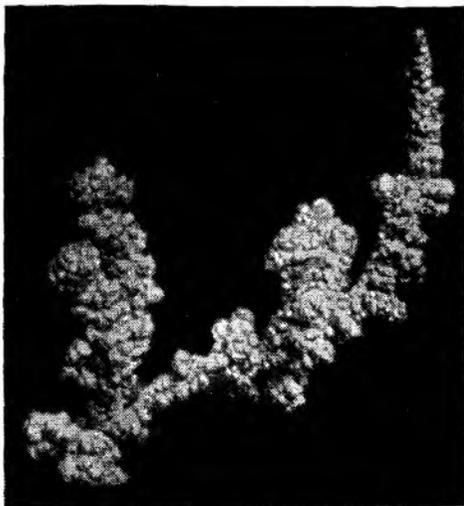
32. Микрофотография шлифа меди (образец изготовлен на вращающемся катоде при высокой плотности тока) 150X

На рис. 31 изображен шлиф, сделанный с куска меди, взятого автором от руки скульптуры ангела из Исаакиевского собора. Следует обратить внимание на горизонтальную линию в верхней части микрофотографии. Она получилась вследствие перерыва тока в процессе электролиза. После перерыва отложение происходило уже в другом режиме, т. к. строение металла изменилось: в нижней части рисунка медь крупнокристаллическая.

Чтобы дать представление о той структуре, которую имеет гальванопластическая медь, отложенная в современных условиях, на рис. 32 представлена структура меди, наращенной на опытной установке. Мы видим очень равномерную и притом весьма мелкую структуру.

Структура металла, обнаруживаемая на шлифе, позволяет судить и о механических свойствах отложения. Металл твердого, плотного и блестящего отложения имеет мелкокристаллическую равномерную структуру. Сравнение шлифов (рис. 29 и 30), снятых при одном увеличении ($150\times$), показывает, что наиболее крупную структуру имеет металл руки ангела, более мелкую — статуя из Екатерининского парка, еще более мелкую — металл, наращенный на опытной установке (рис. 32). Измерив твердость всех этих образцов на приборе МПТ-3, мы нашли соответственно: 86, 97 и 137 кг/мм^2 , что находится в полном соответствии со сказанным выше. Параллельно с твердостью возрастает и прочность на разрыв.

Необходимо отметить еще одну особенность структуры гальванопластической меди — ее склонность образовывать шишкообразные наросты (рис. 33), называемые дендритами, что, как мы увидим ниже, может оказаться очень вредным при получении копий. О дендритах мы уже упоминали при описании скульптуры Исаакиевского собора.



33. Дендриты меди

Гальваническая установка

Процесс электролиза проводят в ваннах, имеющих обычно прямоугольное сечение.

Для электролиза в гальванотехнике применяется постоянный электрический ток низкого напряжения (от 3 до 12 в). Источником постоянного тока служит либо низковольтная динамомашинка по-

стоянного тока, либо селеновый или купроксный выпрямитель переменного тока с трансформатором, понижающим городское напряжение до требуемого.

Электродом, соединенным с положительным полюсом источника тока (анодом), для медной ванны служит медная пластина, для серебряной — серебряная и т. д., так как анод является не только электродом, подводящим электрический ток в электролит, но и источником осаждаемого в форме металла.

Электродом, к которому присоединяется отрицательный полюс постоянного источника тока (катодом), служит форма. Если форма изготовлена из непроводника, ее поверхность, как мы уже знаем, предварительно делают электропроводной, покрывая слоем проводящего материала, который и присоединяют к отрицательному полюсу.

Для электролиза при данном напряжении требуется определенная сила тока. Потребная сила тока в амперах рассчитывается по площади формы и применяемой плотности тока (обычно 1,5—2 a/dm^2 покрываемой площади формы). Применяемая плотность тока зависит от режима осаждения. Регулировка тока осуществляется реостатами.

Вспомогательным оборудованием гальванической установки являются приспособления для перемешивания электролита (механические мешалки, компрессоры для продувки воздуха, насосы для перекачки электролита и пр.), а также фильтровальные устройства, обеспечивающие поддержание чистоты электролита.

Составы медных электролитов и режимы отложения

Основным электролитом для наращивания металла толстыми слоями является медный электролит, нашедший наиболее широкое применение в процессах гальванопластики. Медный электролит для гальванопластических работ готовят на основе сернокислой меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) с добавкой серной кислоты (H_2SO_4), повышающей электропроводность.

Количество сернокислой меди для электролита обычно берут в пределах от 130 до 160 $г/л$. При этом, чем выше рабочая плотность тока, тем выше должна быть концентрация медного купороса. В медных сернокислых ваннах содержание серной кислоты поддерживают на уровне 30—35 $г/л$ для ванн, работающих без перемешивания, и 60—70 $г/л$ для ванн перемешиваемых.

Растворимость медного купороса значительно снижается с увеличением содержания серной кислоты свыше 50 $г/л$ (таблица 6).

В случае применения электролитов с повышенной концентрацией купороса последний выкристаллизовывается на бортах ванны и, что еще хуже, на аноде, затрудняя процесс электролиза.

Избыток кислоты в электролите вызывает хрупкие и недоброкачественные отложения меди из-за включений водорода, интенсивно выделяющегося на катоде, особенно при работе с повышен-

Таблица 6

Растворимость в присутствии серной кислоты

Концентрация серной кислоты г/л	Растворимость г/л	Концентрация серной кислоты г/л	Растворимость г/л
0	252	49,0	304
24,5	326	73,5	285

ными плотностями тока. При недостаточной концентрации серной кислоты в электролите образуется рыхлый и пористый осадок меди, непригодный для практических целей.

В художественной гальванопластике обычно применяют ванны с содержанием серной кислоты 30—35 г/л. Высокая концентрация серной кислоты (60—70 г/л) применяется только в тех случаях, когда электролит прокачивается через формы с одновременным механическим перемешиванием, достигаемым вращением анода.

Кроме медного купороса и серной кислоты для повышения качества гальванопластической меди применяют добавки в виде этилового спирта, сульфированного нафталина, сульфированного антрацена и др. Сульфосоединения значительно улучшают качество меди, делая ее мелкокристаллической, более твердой и упругой.

Такие добавки надо вводить весьма осторожно, так как добавки в чрезмерно большом количестве делают медь хрупкой.

Введение добавок, например сульфированного нафталина, первоначально может вызывать полосатость меди, которая, однако, исчезает после некоторого времени работы ванны. Такую «проработку» ванны ведут с ненужными катодами.

Обычно количество добавок незначительно, например 0,05 г/л.

Сульфированный нафталин готовят следующим образом: берут 32 г нафталина и вводят в него 45 мл серной кислоты (уд. веса 1,84) на холоде. Затем медленно нагревают до 180° при непрерывном перемешивании, повышая температуру постепенно в течение 1—1,5 часа. Достигнув температуры в 180°, поддерживают ее в течение 18—20 часов. Процесс сульфирования считается законченным, когда жидкость становится вязкой и черной, загустевающей при охлаждении. После охлаждения сульфированный нафталин разбавляют горячей водой до объема 250 мл и тщательно перемешивают.

При пользовании для анодов недоброкачественной медью, содержащей мышьяк и сурьму, в электролит попадают вредные примеси, наличие которых делает медь хрупкой, растрескивающейся. Признаком попадания таких примесей служит появление на тальванопластической меди коричневых полос.

Попадающие с анодов примеси других металлов — железа, цинка, никеля — не оказывают влияния на качество медного отложения.

Кроме примесей металлов в электролит могут заноситься с гальванопластическими формами органические вещества, вредно влияющие на работу электролита. К таким веществам относится клей, некоторые сорта резины и пр.

Для устранения органических примесей окисляют подогретый электролит перманганатом, вводимым из расчета 2—3 г на 1 л электролита, а затем фильтруют.

В обычных гальванопластических электролитах поддерживают температуру на уровне 18—20°. Она может повышаться до 25—28° за счет выделения джоулева тепла. Для повышения интенсивности электролиза работают с высокими плотностями тока: при этом медные электролиты подогревают до 30—40°. Подогрев осуществляют паром, пропускаемым через освинцованные змеевики, или электроспиральями, заключенными в асбестовую изоляцию и помещенными в свинцовую оболочку.

Для повышения электропроводности электролита при работе с повышенными плотностями тока вводят значительные количества серной кислоты, обычно 60—70 г/л.

Примерные составы гальванопластических ванн и соответствующие режимы приведены в таблице 7.

Таблица 7

Примерные составы медных гальванопластических ванн и режимы их работы

Наименование составных частей ванны и параметров режима	Ванна тихая	Ванна с перемешиванием
Состав: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	130—160 г	200—250 г
H_2SO_4	30—35 г	60—70 г
H_2O	1 л	1 л
Режим:		
плотность тока	1,5—2 а/дм ²	10 а/дм ²
температура электролита	18—20°	30—40°

Фильтрация электролита должно осуществляться возможно чаще в случае применения тихих ванн и непрерывно при перемешивающихся электролитах.

Фильтрация электролита дает возможность удалять из ванн осадок — шлам, накапливающийся в электролите в виде порошкообразной меди, графита и пыли.

Чем выше плотность тока и чем интенсивнее растворяются аноды, тем больше шлама собирается в ванне, особенно при использовании низкосортной анодной меди. При тихих электролитах шлам оседает на дно ванны, но более легкие его частицы, находясь во взвешенном состоянии, вследствие конвенции перемещаются к катоду. В перемешиваемых электролитах шлам не оседает на дно, как в тихих ваннах, а находится во взмученном состоянии, что может вызвать еще более сильное засорение гальванопластической меди.

Шлам, соприкасаясь с отлагающейся медью на катоде, включается в металл и вызывает образование шероховатостей и шишек, которые мешают дальнейшему равномерному отложению металла. Кроме того, графит, применяемый как электропроводящий слой для форм, также загрязняет электролит, что вызывает вкрапления графита в металл и также приводит к получению шероховатостей поверхности. Поэтому фильтрование электролита имеет важное значение для получения доброкачественных отложений меди.

Обычно фильтрование производится сифонным переливанием электролита через фильтр из сукна, стеклянного или асбестового волокна. В случае применения шинельного сукна его надо вымочить в отработанном электролите или в 10—20-процентном растворе серной кислоты для удаления тех органических веществ, которые способны реагировать с кислотой.

Перемешиваемый электролит фильтруют непрерывно, а перекачку производят при помощи кислотоупорного насоса или путем подачи электролита на фильтр аэролифтом.

Наиболее типичные случаи нарушений гальванопластического процесса и способы борьбы с ними приведены в таблице 8.

Для предупреждения и устранения ненормальностей в работе необходим постоянный контроль состава электролита и поддержание его в соответствии с принятой рецептурой. Только высококачественное медное отложение дает возможность получать гальванопластическую скульптуру, удовлетворяющую как требованиям точности репродуцирования, так и необходимым физико-механическим требованиям. Анализ медных кислых ванн должен систематически (не реже двух раз, а при интенсивной работе ванн — не реже трех-четырёх раз в неделю) производиться на содержание серной кислоты. Необходимо также один-два раза в месяц делать анализ на серноокислую медь.

Нанесение разделительного слоя

Выше уже было сказано, что наращивание, при котором рабочей поверхностью служит сторона, примыкающая к форме, называется гальванопластическим, в отличие от гальваностегического наращивания, при котором рабочей является сторона, не примыкающая к модели. Ясно, что точную копию может дать только гальванопластическое, а не гальваностегическое наращивание.

Чтобы снять гальванопластическую копию формы из непроводника, на него приходится наносить проводящий слой, а чтобы снять копию с проводника, необходимо создать возможность отделения от него отложенного слоя металла.

Если формой служит легкоплавкий сплав, то отделение его производится выплавлением. Но для нас представляет особый интерес другой случай: снятие копии с рельефа, полученного гальваностегическим отложением меди.

Ненормальности, наблюдаемые при работе медного электролита, и меры их устранения

Ненормальность	Причина	Способ исправления
Осадок с неровной поверхностью, покрытой мелкими наростами и дендритами («шишковатость»).	Электролит загрязнен механическими примесями, находящимися во взвешенном состоянии (анодный шлам, графит, пыль и пр.).	Отфильтровать электролит. Применить более чистый металл для анодов.
Непрочный сыпучий осадок. Поверхность недостаточно гладкая, но не явно кристаллическая.	<p>а) Мало кислоты.</p> <p>б) Мало медного купороса, электролит слишком разбавлен.</p> <p>в) Недостаточное перемешивание.</p>	<p>а) и б) Добавить серной кислоты и медного купороса, руководствуясь результатами химического анализа.</p> <p>в) Усилить перемешивание.</p>
Крупнокристаллический осадок. Отложение сернокислой меди на аноде.	<p>а) Избыток купороса.</p> <p>б) Недостаточное перемешивание.</p>	<p>а) Разбавить электролит водой и откорректировать.</p> <p>б) Усилить перемешивание.</p>
Темный или красный цвет осадка, на краях и углах горелость.	Слишком большая плотность тока.	Уменьшить плотность тока.
Темный цвет всей поверхности осадка и грубошершавая поверхность его.	Недостаток кислоты (так как кислота предупреждает образование на катоде закиси меди, которая имеет темный цвет и, внедряясь в отложение, делает его шершавым).	Добавить серной кислоты согласно анализу электролита.
Черные или коричневые полосы на отложении.	Электролит загрязнен растворимыми примесями (например, мышьяком, сурьмой) из-за недостаточной чистоты анодов или серной кислоты.	Проработать ванну током большой плотности.
Блестящие углубленные полосы на поверхности осадка, хрупкость меди.	Загрязнение электролита органическими примесями (желатина, клей, смола).	Проработать ванну током, окислить органические примеси.
Выделение водорода, приводящее к образованию рябых и темных отложений.	Слишком большая плотность тока (отложение темное от закиси меди).	Уменьшить плотность тока.

Если без применения каких-либо специальных приемов наращивать на медную форму слой меди, металл срастается в одно целое и отделить слой совершенно невозможно.

Прием, который позволяет осуществить такое отделение, играет в гальванопластике исключительно важную роль и заключается в нанесении особого разделительного слоя.

Мы уже упоминали в историческом очерке, что академик Якоби рекомендовал наносить в качестве разделительного тончайший слой стеарина. Несоввершенством первоначально примененного разделительного слоя объясняется неблагоприятный результат, о котором он сообщал в своем первом письме: «...не удалось в целости отделить наращенный осадок от гравированной медной пластинки».

При дальнейшем развитии гальванопластики был разработан ряд способов, обеспечивающих более надежное разделение после наращивания. Практические примеры нанесения разделительного слоя будут приведены ниже.

Сущность разделительного слоя состоит в том, что он препятствует срастанию осаждаемого металла с металлом формы, так как располагается между ними. В то же время этот слой так тонок, что создаваемое им омическое сопротивление не может воспрепятствовать прохождению тока, иначе самое наращивание стало бы невозможным.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ НАРАЩИВАНИЕ

Зарядка форм

Формы, подготовленные для электролитического наращивания, как уже говорилось, должны быть заряжены, т. е. снабжены проводниками, имеющими контакт с электропроводящим слоем и подвески для крепления на катодных штангах.

Если удельный вес материалов, из которых изготовлены формы, меньше удельного веса электролита, то формы должны быть снабжены грузами, удерживающими их под уровнем электролита.

Проводники должны быть из медной или латунной проволоки, очень мягкой, хорошо отожженной и протравленной, диаметром примерно 0,15—0,5 мм. Более тонкая проволока пригодна для зарядки небольших и средних форм, более толстая — для крупных форм.

Выгоднее применять проводники большого диаметра, так как при пользовании ими можно повышать плотность тока. В процессе затяжки особенно полезно меньшее омическое сопротивление таких проводников, обусловленное не только большим их диаметром, но и большей площадью соприкосновения с нанесенным на формы электропроводящим слоем.

Формы, снятые с рельефов или объемной скульптуры, должны иметь несколько отверстий для контактирующих подвесок или проволочек, а также отверстия для подвешивания грузов.

В восковых формах эти отверстия обычно прокалывают в тот момент, когда воск еще достаточно мягок, в гипсовых же формах сверлят их вручную до пропитывания форм восковой композицией.

Отверстия располагают в нерабочих краях формы; они должны иметь такой диаметр, чтобы в них можно было ввести контактирующие провода или подвески, величина сечения которых обеспечивает отсутствие нагрева при максимальной рабочей плотности тока.

У плоских форм отверстия для грузов располагают на противоположной стороне от отверстий для подвесок. Число отверстий для грузов подбирают, исходя из необходимости уравновесить формы в ванне.

На рис. 34 изображена гипсовая форма для барельефа, у которой одно отверстие используется для подвески, а другое — для груза.



34. Гипсовая форма с проложенным проводником и петлей-подвеской

Контактирующие проводники прокладывают на расстоянии 0,5—1 см от границ готового изделия, что дает возможность легко отделять металлический облой при обработке готовой гальваноскульптуры. Располагать проводники дальше от границ изделия важно потому, что они покрываются наиболее толстым слоем металла, затрудняющим удаление облоя.

Проводники начинают прокладывать от подвесочного отверстия формы, для чего в него вводят с лицевой стороны формы тонкий проводник длиной 8—10 см и крепят шариком из пластилина или озокерита у начала, а затем в конце каждого участка.

Для обеспечения лучшего контакта с электропроводящим слоем необходимо, чтобы проводник плотно прилегал к форме.

С этой целью проводник дополнительно поджимают острием ножа к плоскости формы. По окончании прокладки проводника его второй конец снова вводят в подвесочное отверстие формы, а затем в то же отверстие вводят подвеску в виде изолированного проводника, конец которого очищают от изоляции на длину, достаточную для контакта с концами проводника, проложенного на форме. Затем подвесочный провод загибают в виде крючка или петли.

Для изготовления подвесок плоских форм лучше употреблять однопроволочный медный провод с хлорвиниловой изоляцией, для подвесок объемных форм — мягкий многожильный провод с кембриковой или иной надежной изоляцией, защищающей провод от электролита и обрастания металлом.

У объемных и кусковых форм проводники прокладывают главным образом на торце.

Грузы для форм отливают из свинца и покрывают кислотоупорным изоляционным лаком, парафином или какой-либо восковой композицией, применяемой для пропитки гипса. В качестве грузов можно также применять куски фарфора, стекла, глазурированной и непористой керамики.

Металлические грузы, например свинцовые, находясь в электролите между анодом и катодом, сами становятся электродами, сторона которых, обращенная к аноду, становится катодом, а сторона, обращенная к катоду, — анодом (такие электроды называют биполярными).

Чтобы биполярные грузы не обрастали металлом (что возможно и для неметаллических грузов при случайном покрытии их графитовой пылью), следует всегда покрывать металлические грузы лаком или воском и наблюдать за тем, чтобы грузы не покрывались электропроводящими материалами. Поэтому грузы надо подвешивать на формы после нанесения электропроводящего слоя.

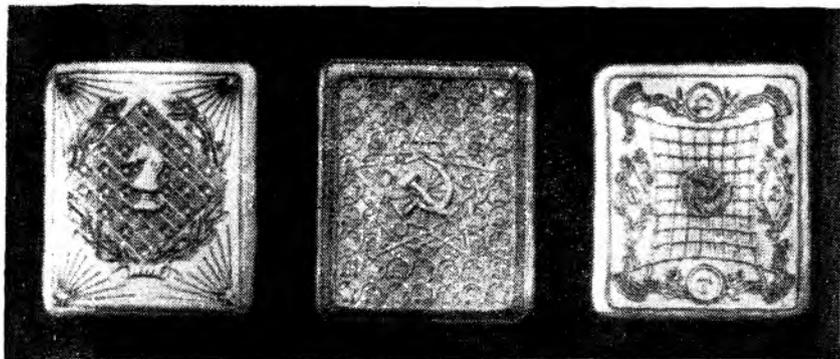
Загрузка форм в ванны

Формы с проводящим слоем из серебра, осажденного из его солей, должны погружаться под током в электролиты с низкой кислотностью (содержание H_2SO_4 должно составлять 30—35 г/л). Формы надо загружать под некоторым углом к зеркалу электролита, чтобы облегчить удаление воздуха из поднутрений и узких мест формы.

Погруженная в электролит плоская форма должна быть затем под слоем электролита расположена горизонтально для удаления с нее мягкой кистью оставшихся пузырьков воздуха.

Чтобы уменьшить захват пузырьков воздуха, формы перед загрузкой можно заливать спиртом. Но это может помочь только в тех случаях, когда форма имеет особо низкий рельеф и совершенно лишена поднутрений, углов и иных сложнопрофилированных элементов, т. е. главным образом в формах, применяемых для репродуцирования филигранных и тонко профилированных изделий (рис. 35).

Пузырьки воздуха на форме не всегда можно легко заметить под слоем электролита, поэтому необходимо внимательно осматривать ее перед полным погружением в ванну. Пузырьки воздуха на форме имеют вид отдельных прозрачных стеклышек или бисера; они трудно отделяются даже при резком встряхивании формы и только кистью их сравнительно легко удалить.



35. Копии, снятые с филигранных изделий

Формы необходимо готовить к завешиванию в таком положении, чтобы из поднутрений имелся выход для воздуха кверху. Закрытые объемные формы при загрузке в ванну следует заполнять электролитом постепенно, равномерно вытесняя из них воздух.

Первоначальная плотность тока должна быть минимальной, чтобы не вызвать «подгорания» проводников в местах, связанных с проводящим слоем. Минимальную плотность тока следует поддерживать до полной затяжки форм металлом и лишь затем переходить на рабочую плотность.

Условия получения равномерного отложения металла

Гальванопластическое отложение толстых и равномерных по толщине слоев металла на сложнопрофилированные и глубокие формы является при репродуцировании наиболее трудной задачей.

При декоративном и противокоррозионном отложении металлов в гальваностегии отложенный металл имеет толщину всего в несколько микронов, в гальванопластике же она достигает нескольких миллиметров, т. е. в сотни и даже тысячи раз больше.

Электролитическое отложение металла, вообще говоря, не бывает равномерным, что особенно заметно при наращивании толстых гальванопластических слоев.

Даже при наличии наиболее благоприятных условий, имея вполне плоский анод и катод, невозможно получить вполне равномерное отложение металла по всей площади. По краям и на выступах катода наращиваются более толстые, а в дальних, отстоящих от края местах — более тонкие слои металла.

Расположение электрических силовых линий между анодом и катодом является главным фактором, определяющим распределение металла; оно зависит от формы электродов, расстояния между ними и сечения всей массы электролита, через которую про-

ходят электрические силовые линии, а также от состава электролита.

Не следует полагать, что та или иная плотность силовых линий связана с изменением потенциала в разных точках электрода, так как ввиду высокой проводимости последнего потенциал его практически равномерен. О существенных различиях потенциала можно говорить только в период затяжки металлом формы из непроводника.

Соответственно различной степени средоточия силовых линий плотность тока на отдельных участках резкопрофилированных катодов различна в разных местах профиля: она значительно возрастает не только по их краям, но и на ребрах и других выступающих элементах форм.

Напротив, в углубленных местах форм плотность тока резко убывает (рис. 36).

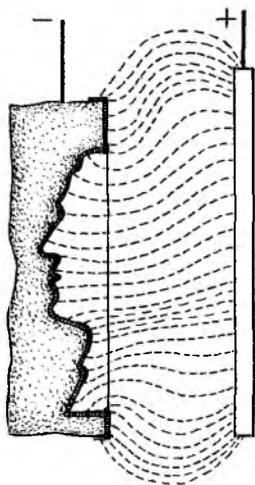
Способность электролита равномерно распределять металл на катоде или «работать в глубину» выражается рассеивающей способностью электролита. Она различна у разных электролитов, но практически всегда недостаточна. Поэтому регулирование толщины отложения металла по всему профилю форм является одним из главных элементов технологии гальванопластики.

Основной метод регулирования равномерности отложения металла заключается в применении различных экранов для отдельных деталей или целых участков рельефа и заключение форм в кассеты.

Экранирование применяется для защиты наиболее выступающих и острых деталей форм. Экраны могут ограничивать проникновение силовых линий или даже вовсе прекращать отложение металла на отдельных участках форм и тем направлять силовые линии в более глубоко профилированные места рельефа.

На разных участках анода плотность тока также различна и особенно повышена у краев анода, где он растворяется наиболее интенсивно.

Обычно сечение электролита всегда больше площади электродов, и потому силовые линии могут уходить в глубь электролита. Распределение силовых линий между анодом и катодом ухудшается при прохождении тока в больших объемах электролита. На рис. 37а приведена схема распределения их, когда над электродами и под ними имеется значительный объем электролита. Для устранения указанного явления, обычно резко проявляющегося при работе в ваннах большого объема, принимают ряд мер. Так, например, формы загружают в электролит так, что от верхнего края



36. Распределение силовых линий

их до зеркала ванны оставляют не более 1—2 см (рис. 37 б).

Для устранения влияния объема электролита, находящегося ниже формы, под нее подводят экран (рис. 37 в), чем достигается и с этой стороны большая равномерность в расположении силовых линий.

Так же устанавливают боковые экраны, в результате чего получается как бы кассета, изолирующая электроды от излишней массы электролита.

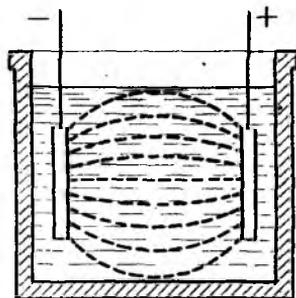
Роль таких кассет могут отчасти выполнять рамки, в которые заключают катод и анод (рис. 38). Для защиты торцевой части анода рамку можно заменить разрезанной хлорвиниловой трубкой.

Экраны изготовляют из листовой пластмассы (винилита, акрилата) толщиной 4—5 мм; по углам в них сверлят отверстия для подвешивания на мягких подвесках или электропровода с резиновой изоляцией. В ванну экраны устанавливают после завешивания анода и погружения форм в электролит.

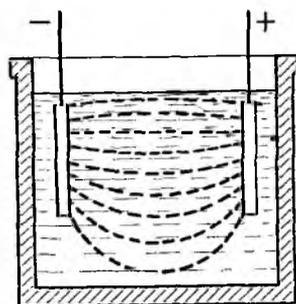
Общими контурными экранами ограничиваться нельзя. Еще более важное значение имеют местные экраны. Скульптуры, репродуцируемые гальванопластически, обычно резко отличаются между собой в деталях рельефа, вследствие чего необходим индивидуальный подбор экранов для регулирования отложения металла. Сложность регулирования заключается также в необходимости одновременно решать вопрос о режиме электролиза и прежде всего правильно выбрать среднюю плотность тока, от чего зависит плотность тока на отдельных участках.

Рассмотрим подробнее различные приемы экранирования, так как в обычной гальванотехнической литературе этому важному вопросу не уделяется достаточного внимания.

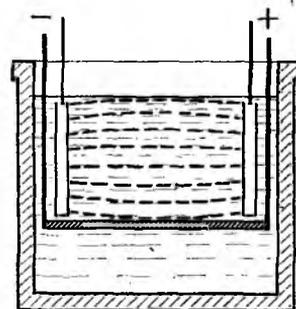
На рис. 39 представлен способ постепенного погружения формы с применением экрана: а — первая стадия наращивания металла на выступающие детали формы, близлежащие к аноду; б — примене-



а



б

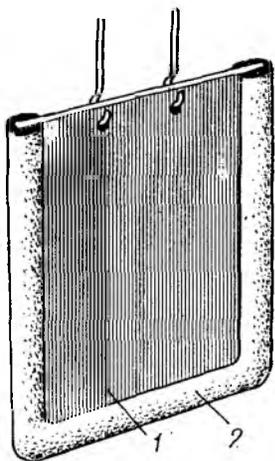


в

37. Схема силового поля при разном расположении катода и анода в электролите:

а — глубокое погружение электродов в электролит, б — электроды находятся у поверхности электролита, в — электроды у поверхности, внизу экран

ние экрана, защищающего уже наращенную нижнюю часть формы (на этой стадии рабочей является углубленная часть формы); *в* — установка экрана при погружении выступающих частей формы до зеркала электролита; *г* — окончательное погружение формы в электролит, при котором полностью покрывается верх формы.



38. Анод, изолированный по торцу:

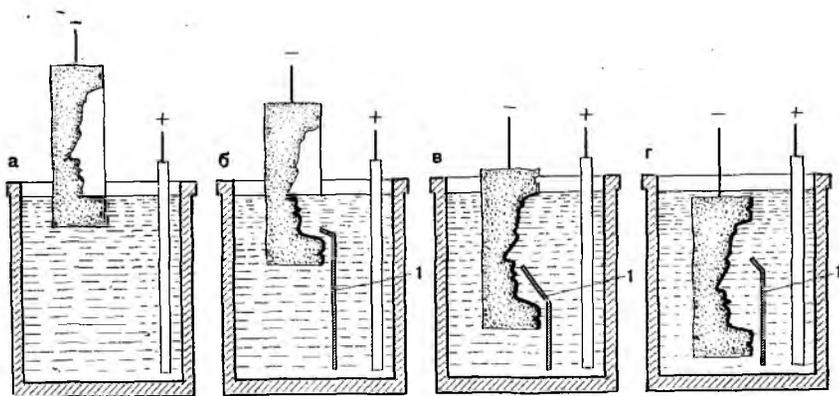
1 — анод, 2 — рамка из полихлорвинилового шланга

По такому же принципу наращивается металл внутри монолитных форм. Способ наращивания путем последовательного погружения формы в электролит по мере отложения металла требуемой толщины ясен из рис. 40: *а* — первый этап погружения формы, *б* — следующий этап погружения с экранированием отложенного металла при помощи изоляции, *в* и *г* — стадии дальнейшего погружения (показано перемещение границы закрытия отложенного металла изолирующим слоем).

Металл обычно закрывают в формах изолирующим слоем

при помощи расплавленного парафина. Такая изоляция имеет существенное значение для регулирования толщины отлагаемого слоя.

Края формы и все ее детали, имеющие достаточную толщину, следует по мере наращивания металла тщательно закрывать изоли-

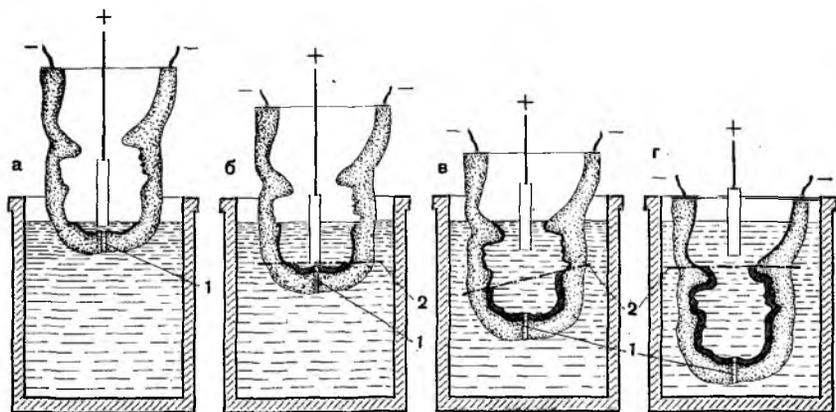


39. Способ наращивания при постепенном погружении с экранированием черновой формы:

1 — экран

рующим слоем, чтобы избежать образования отдельных дендритов в плохо закрытых изоляцией местах.

Другой способ регулирования отложения металла заключается в разделении монолитных форм на отдельные пояса, не связанные



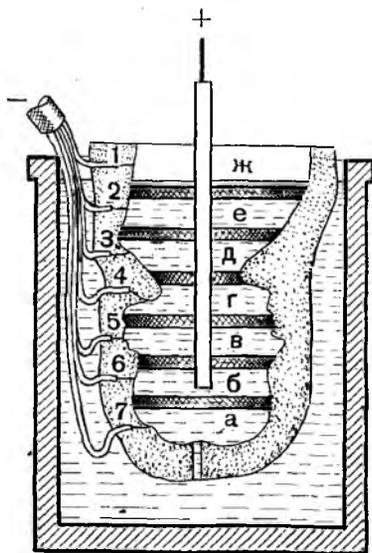
40. Способ наращивания при постепенном погружении и экранировании монолитной формы:

1 — отверстие для впуска электролита, 2 — линия экранирования

между собой проводящим слоем. На рис. 41 изображена такая форма; ее пояса снабжены самостоятельными питающими проводниками, которые постепенно подключают к источнику тока таким образом, что после достаточного наращивания металла на данном поясе соответствующий проводник отключают и подключают соседний.

При изготовлении такой формы предварительно устанавливают и закрепляют проводники, служащие контактами, к проводящему слою данного пояса.

Просушенную и затем пропитанную восковой композицией форму готовят к нанесению электропроводящего слоя. При этом форму разделяют внутри обычными электроизоляционными лентами, которые плотно наклеивают на внутреннюю полость формы, разделяя ее таким образом на отдельные пояса а, б, в и т. д.



41. Способ наращивания с секционированием по поясам:

а, б, в, г, д, е, ж — пояса, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 — проводники

Пояса должны быть непременно горизонтальными. Таким же образом можно изолировать и отдельные глубокопрофилированные детали формы, снабжая их самостоятельными проводниками.

Подготовленную форму покрывают проводящим слоем, после чего наклеенные изоляционные ленты снимают; в результате пояса или отдельные углубленные элементы формы оказываются изолированными друг от друга, так как вместе с лентами удаляют проводящий слой.

Наращивание начинают с наиболее углубленных деталей формы, в данном примере с пояса *a*, включая питающий проводник 7; по отложению в этом поясе требуемой толщины металла питающие проводники его отключают и включают проводник 6 и т. д.

После отложения металла на участках *a* и *b* форму из ванны вынимают и наносят проводящий слой на место, где была наклеена изоляционная лента, затем сращивают два пояса формы. После этого включают следующий пояс и таким образом последовательно наращивают металл на всю форму.

Для получения изолирующего слоя в процессе наращивания металла на сложнопрофилированные формы (в особенности при изготовлении бесшовных бюстов в монолитных формах) применяется способ изоляции уже наращенных мест (где не требуется дальнейшего отложения металла) при помощи четыреххлористого углерода, который заливают в форму, пользуясь тем, что его удельный вес больше удельного веса электролита, так что он находится под слоем электролита, не смешиваясь и не реагируя с ним.

Для получения в процессе гальванопластики равномерного слоя металла можно применять периодическое изменение направления постоянного тока. Такое реверсирование тока препятствует росту металла на выступающих и острых элементах форм вследствие того, что анодное растворение металла в период подключения его к аноду происходит наиболее интенсивно именно на остриях и выступающих частях.

Ток переключают так, что он в течение 2—40 *сек* отлагает металл на катоде, а затем в течение 0,5—5 *сек* растворяет отложенный металл. Таким образом, при реверсировании тока наращиваемая форма включается в качестве анода только на короткие промежутки времени и в течение продолжительного времени остается катодом.

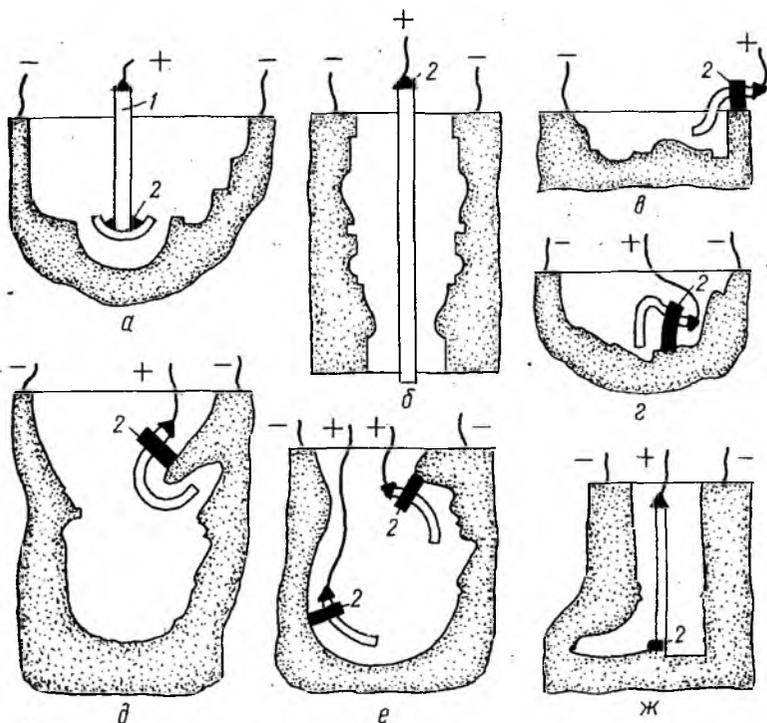
Анодное включение катода прерывает процесс роста кристаллов, что отражается на характере последующего роста кристаллов: вместо крупнозернистой столбчатой получается мелкокристаллическая структура меди. Реверсирование тока сопровождается повышением рассеивающей способности электролита, а отложения металла становятся более светлыми, плотными, без шероховатостей.

Для реверсирования тока применяют реле времени с соответствующей мощности контакторами для периодического переключения тока.

Правильное расположение анодов в процессе наращивания металла на глубокопрофилированные формы является одним из ак-

тивных средств для получения равномерного отложения металла в форме.

Обычно в дополнение к основному устанавливают специальные вспомогательные аноды. Их вводят в глубокопрофилированные места и в поднутрения, т. е. в такие места формы, куда электрические силовые линии от удаленных анодов в достаточной степени не проникают. Вспомогательные аноды должны быть из прокатанной высококачественной меди марки М-0 или М-1 (ОСТ ЦМ 21—39), чтобы избежать образования шлама, засоряющего форму. Кроме того, аноды следует помещать в шламосадерживающие мешки из тонкой капроновой или стеклянной ткани.



42. Примеры специальных случаев расположения анодов:
1 — свинцовая трубка (анод), 2 — церезин

Подготовка анодов перед установкой на место и сама установка осуществляются в следующем порядке.

К аноду, вырубленному по ширине и изогнутому в соответствии с профилем данного места формы, припаивают многожильный электропровод с плотной хлорвиниловой изоляцией, так чтобы изоляция провода была возможно ближе к аноду.

Оголенную часть провода, припаянную к аноду, покрывают изоляционным лаком или парафином, поверх которого наносят плот-

ный слой озокерита толщиной по крайней мере 3—4 мм. Такая изоляция необходима для защиты анода в месте контакта от растворения в процессе электролиза.

Вспомогательные аноды обычно устанавливают после наращивания металла необходимой толщины; их располагают перед углублениями, не затянувшись металлом, или там, где отложение имеет недостаточную толщину.

Аноды прикрепляют озокеритом к просушенному металлу, отложившемуся в форме. Приклеивание анодов озокеритом должно быть надежным и может производиться в нескольких местах; края озокеритовой массы должны плотно прилегать к металлу на форме. До крепления анодов на них надевают шламосадерживающие чехлы.

На рис. 42 показаны примеры расположения вспомогательных анодов, в открытых формах — для барельефов (*а, б, в*) и в закрытых формах — для объемной скульптуры (*г, д, е, ж*).

Число разнообразных случаев, которые могут представиться на практике, огромно. Для рационального подхода к вопросу об улучшении распределения силовых линий путем экранирования или введения дополнительных анодов нельзя ограничиваться выбором одного из указанных типичных случаев. Необходимо иметь возможность измерять распределение силовых линий.

В литературе¹ имеется описание прибора для измерения местной плотности тока (рис. 43). В нижней части прибора находятся два электрода, изолированные друг от друга и соединенные с расположенным сверху амперметром. Поверхность каждого

электрода обычно равна 1 дм², так что прибор сразу показывает величину плотности тока.

Простота описанного прибора побудила автора заняться проверкой его практической пригодности. Прежде всего важно было выяснить: не вносит ли он от себя искажений в расположение силовых линий? Для проверки автор применил следующий прием. В ванну было погружено одновременно два одинаковых прибора так, что они находились на некотором расстоянии один от другого в направлении прохождения силовых линий. При этом было очевидно, что если показания одного прибора будут изменяться от перемещения второго, это значит введение подобного прибора в ванну само по себе изменяет силовое поле и, следовательно, не дает возможности его измерить. Такое явление и было установлено.

Автор пытался ослабить влияние вводимого прибора уменьшением площади его электродов. Это оказывало положительное дей-



43. Прибор для измерения плотности тока в отдельных участках электролита

¹ W. Pfannhauser, Die elektrolytische Metallniederschläge, Berlin, 1928.

ствии и одновременно увеличивало чувствительность прибора, но полностью устранить явление искажения поля не могло. Поэтому автор не может рекомендовать применение приборов подобного типа.

Перемешивание электролита

Скорость электрохимических процессов на электроде зависит от подачи электролита к электроду. Поэтому скорость и характер перемешивания электролита имеют большое значение в процессе электролиза.

На практике часто пользуются ваннами, работающими без принудительного перемешивания; в таких случаях оно частично осуществляется за счет естественной конвекции, вызываемой неравномерным нагреванием различных частей раствора при прохождении тока и изменяющейся плотностью раствора.

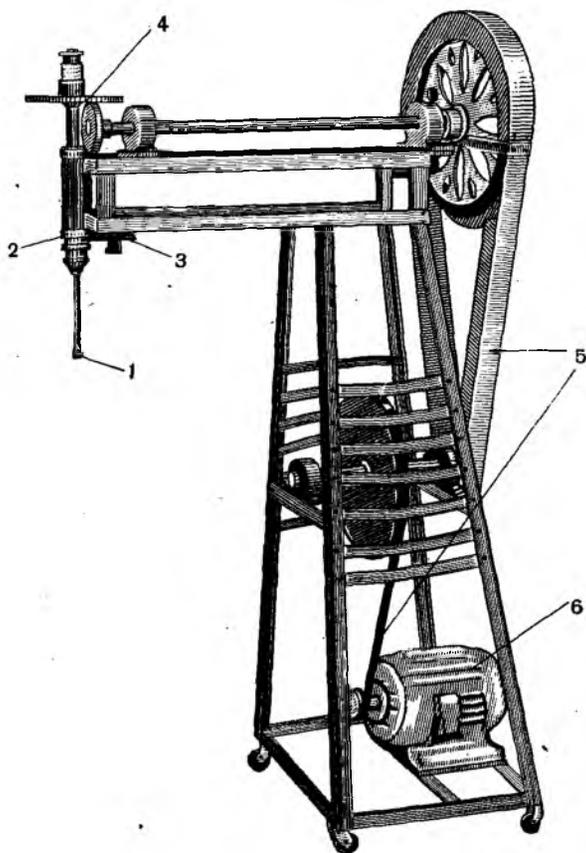
Выделение тепла на электроде в ходе химических реакций также способствует неравномерности температуры в электролите. Перемешивание за счет естественной конвекции не всегда может удовлетворять требованиям скорости наращивания металла. Поэтому возникает необходимость в принудительном перемешивании электролита, при котором обеспечивается большая равномерность как температуры, так и состава электролита.

В гальванопластике используют разнообразные способы перемешивания. Чаще всего применяют механические мешалки, вращение катода или анода и воздушное перемешивание.

Наиболее старый способ механического перемешивания при помощи качающихся штанг, к которым подвешены катоды, применяется в настоящее время довольно редко и используется только в медленно работающих электролитах. Эффект перемешивания электролита при возвратно-поступательном движении катодов, висящих на штангах, укрепленных на двигающейся раме, незначителен. Такой способ пригоден главным образом для плоских форм, например барельефов, имеющих неглубоко профилированную поверхность и не задерживающих электролит в углублениях. При пользовании этим способом перемешивания создается ряд неудобств: борта ванны заняты качающейся рамой и приспособлением, сообщающим ей движение; требуется особо надежное крепление форм к штангам; используется не вся рабочая площадь ванны; применение больших и громоздких форм вообще невозможно.

Механическое перемешивание электролита вращающимся анодом особенно удобно при наращивании металла на поверхности монолитных форм, внутрь которых помещают анод. На рис. 44 показан станок, применяемый автором для размешивания электролита этим способом. Анод, перемешивая электролит, поворачивается своими плоскостями ко всем стенкам формы. Одновременно в форму насосом подается свежий электролит из дополнительной ванны, в которую отработанный электролит сифоном возвращается обратно на фильтр.

Для увеличения эффекта перемешивания электролита анод, являющийся как бы лопастью мешалки, можно несколько изогнуть в виде архимедова винта. Его помещают в мешок из неплотной стек­лянной или капроновой ткани, задерживающей шлам.



44. Станок для вращения электрода:

1 — шпindel, на котором держится анод, 2 — медное кольцо на изоляции, 3 — угольная щетка, 4 — регулируемый фрикцион, 5 — передача, 6 — мотор

Станок имеет станину на роликах и консоль с выносом, соответствующим размеру ванны, чтобы можно было устанавливать станок в любом месте у ванны, в зависимости от расположения в ней формы. Для подсоединения к аноду служит скользящая угольная щетка с клеммой.

Можно использовать станок также для вращения катода в виде формы или в виде моделей скульптур, на которые наращивается металл (например, статуэток из гипса и пластилина), а также от-

дельных деталей крупной скульптуры. Вращение катода особенно заметно улучшает строение отложения.

Метод наращивания металла при одновременном вращении катода весьма эффективен, в особенности при быстром вращении, которое после затяжки моделей металлом можно производить со скоростью 30—150 об/мин, в зависимости от механической прочности скульптуры или формы. Если скульптура не может выдержать быстрого вращения, ее вращают медленно (25—30 об/мин).

Наиболее удобно перемешивать электролит пропусканием сжатого воздуха через стеклянные, эбонитовые, акрилатовые или свинцовые трубы, укладываемые на дне ванны, под катодом. Этот способ, носящий название барботирования, наиболее распространен в гальванопластике.

При воздушном перемешивании электролит одновременно фильтруют, для чего взамен насоса применяют азролифт.

Трубы для воздушного перемешивания электролита изготовляют диаметром 20—25 мм, в них просверливают отверстия диаметром 3—6 мм. При более мелких отверстиях получается большее количество пузырьков воздуха, что улучшает перемешивание. Однако слишком мелкие отверстия часто засоряются шламом и потому нуждаются в частой чистке. Один конец с отверстиями, находящийся в ванне, заглушают, во второй конец, согнутый под прямым углом, через вентиль подают сжатый воздух под давлением 2—3 ат в зависимости от толщи перемешиваемого электролита.

Количество воздуха, потребного для перемешивания электролита, зависит от режима работы электролита, качества пропитки гипса, состава восковой композиции, профиля форм и пр.

Воздух для перемешивания обычно подают от компрессора в воздушный фильтр для очистки от пыли и частиц масла.

Воздушное перемешивание наиболее удобно в отношении регулирования; отрицательной его особенностью является окисление закисной меди кислородом воздуха, несколько понижающее содержание серной кислоты в кислом водном электролите.

Фильтрация электролита

Вследствие выделения шлама с анода, накапливания в ванне взвешенных частиц (отделяющихся от восковых и особенно от гипсовых форм, недостаточно пропитанных или длительно пребывающих в электролите), а также вследствие попадания в электролит значительного количества графита раствор загрязняется и отложение металла становится шероховатым, грубым, неравномерным, иногда совершенно непригодным. Особенно тщательно необходимо следить за чистотой электролита при наращивании металла по верху: в этом случае даже незначительная шероховатость может вызвать брак, так как взвешенные частицы, попадая на катод, обрастают металлом и в процессе электролиза быстро растут, образуя дендриты, портящие скульптуру.

Поэтому фильтрация электролита является одним из важных вспомогательных процессов, необходимых при гальванопластических работах.

Наиболее удобно осуществлять фильтрацию одновременно с перекачкой электролита, необходимой для его перемешивания. В качестве фильтра применяют шинельное сукно, предварительно вымоченное в отработанном медном электролите, капроновую ткань, стеклянную ткань или стеклянную вату.

Чистота профильтрованного электролита зависит от скорости фильтрации и плотности ткани.

ГЛАВА VII

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Особенности медальерного репродуцирования

К медальерным работам относится изготовление репродукций в виде настольных медалей, плакеток, настенных медальонов и медальонных вставок для кубков, блюд, ваз и других художественных изделий.

Изделия вышеуказанных видов относятся к миниатюре и представляют наиболее тонкую скульптуру с мельчайшими деталями рельефа и фактуры, выполняемыми в пластических материалах, а также гравированием или чекажкой.

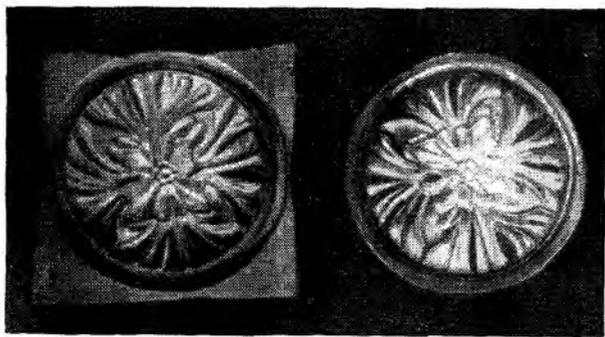
Для репродуцирования медальерной скульптуры необходимо готовить безукоризненно точные формы и особо тщательно их готовить к процессу гальванопластики. Специальной частью технологии медальерных работ является изготовление скульптурной части медалей и рельефного текста к ним.

Медальерную скульптуру обычно репродуцируют с пластилиновых или, чаще, с гипсовых моделей, обрабатываемых для гальванопластики обычным способом. Пластилиновую скульптуру покрывают тонким слоем шеллачного лака, а гипсовые модели сушат и пропитывают озокеритом для устранения гигроскопичности.

При репродуцировании медальерной скульптуры обычно непосредственно получают металлическую форму с рельефа скульптуры.

Для получения металлической формы на подготовленную модель предварительно наносят проводящий слой из тонкопросеянного графита. Впрочем, предпочитают химическое осаждение серебра, дающего равномерный слой, быстро растягивающийся металлом и не требующий дополнительной обработки в процессе наращивания металла, что часто приходится делать в случае применения графитового проводящего слоя.

Медальерная модель должна иметь припуск по фону не менее чем в 2—3 см (рис. 45), что важно для дальнейших операций с формой и готовой медалью. Скульптор заранее намечает размеры фона, очерчивая круг, в который композиционно вписывается скульптура; намеченная окружность является линией обреза медали.



45. Форма с припуском и готовый орнамент

При наращивании слоя металла в 2—3 мм форму считают готовой и отделяют от модели подогревом.

Форму тщательно промывают бензином, обрабатывают мягкой латунной щеткой и обрезают по намеченной линии для удаления лишнего металла. Затем приступают к механической обработке формы для удаления дефектов формовки, образующихся на фоне и на самой скульптуре. Такие дефекты появляются в виде сыпи от мельчайших воздушных пузырьков, неизбежно возникающих при формовании моделей из гипса. Воздушные пузырьки бывают почти незаметными на гипсовой модели, но резко выявляются на металлической форме в виде отдельных выпуклых вкраплений, располагающихся главным образом в углублениях рельефа скульптуры и на фоне модели.

Так как на форме все дефекты модели получаются в негативном рельефе, их легко можно удалить штихелем, затем шабровкой и последующей шлифовкой пемзой вывести с плоскости фона. Фон шлифуют твердой пемзой с водой до тех пор, пока с него не будут удалены отдельные темные пятна — углубления, всегда имеющиеся на фоне.

Далее приступают к полировке фона на мягком полотняном круге хромовой пастой. Полировка придает фону зеркальную поверхность, годную для нанесения текста гравированием или фототравлением. Если медаль не имеет текста, то ровный полированный фон формы упрощает нанесение на нее разделительного слоя.

Для полировки фона металлической формы заранее готовят рельефный шаблон гальванопластическим наращиванием металла с такой же гипсовой формы. Нарощенное изображение обрезают по абрису и вкладывают в обрабатываемую медную форму, защищая контррельеф от полировального круга. С полированной формы удаляют растворителем следы хромовой пасты и промывают форму в горячей щелочи. Далее наносят текст, а если его нет, припаивают подвеску с хлорвиниловой изоляцией, а обратную сторону формы покрывают асфальтовым лаком, воском или нитролаком, изолирующим форму от электролита.

Изоляционный слой наносят на обрез формы и края ее рабочей части, чтобы в процессе гальванопластики металл отлагался только в плоскости формы, а не по краям, чем облегчается отделение наращенного рельефа от формы. Подготовленную форму обезжиривают венской известью, которую на форме тщательно растирают жесткой щеткой до получения жидкой кашицы.

При обезжиривании следует обращать внимание на края формы, углубленные и узкие места рельефа, куда плохо проникает венская известь. Степень обезжиривания проверяют смачиванием водой: на форме не должно быть не смачивающихся мест.

На промытую в воде форму наносят разделительный слой, после чего завешивают форму в ванну под ток.

Изготовление медальонов не отличается какими-либо особыми приемами от изготовления медалей. С моделей из гипса или пластилина снимают гипсовую форму, на которую после протирки и нанесения проводящего слоя наращивают металл.

При нанесении на фон медальона каких-либо деталей (текста, дат и пр.) готовят металлическую форму.

Изготовление рельефного текста для медалей

Текстовая часть выполняется на заготовках медалей, для чего текст предварительно рисуют тушью на белой плотной бумаге. На рис. 46 показана заготовка, предназначенная для реверса медали; на ней расположены контур лавровой ветки, звезда и рамка для именованного текста. Все детали, кроме текста, нанесены как вспомогательные, потому что на готовой модели они композиционно спроектированы скульптором на соответствующих местах и на заготовке служат ориентирами для размещения текстовой части. Художественные детали реверса медали, в данном случае лавровую ветвь, готовят чеканкой модели (рис. 47), на которой фон служит местом для текста. С модели гальванопластически снимают форму (рис. 48), на которой затем вытравляют текст. При наращивании металла на такую форму получают одновременно текст и требуемые художественные детали скульптуры (рис. 49).

Если в композицию входят тонкие линейные элементы, расположенные непосредственно на фоне, их выполняют гравированием на медной форме.

Текст наиболее удобно выполнять методом фототравления на металле. Для медных гальванопластических форм применяют описанный ниже электрохимический способ фототравления¹.

Предварительно медную форму тщательно обезжиривают венской известью, промывают водой и протирают мелким абразивным

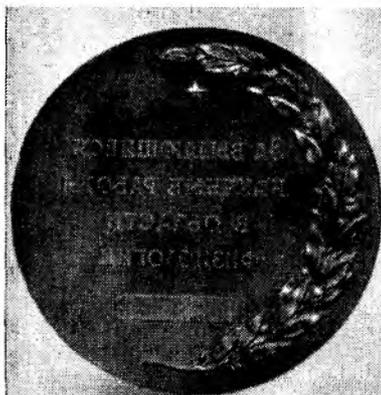
¹ Способ электродного травления впервые был освоен типографией «Красный пролетарий» в Москве. Технология электродного травления была разработана А. И. Невзоровым, а также в Научно-исследовательском институте звукозаписи.



46. Рисунок, выполненный художником-графиком для медали



47. Чеканка по латуни, выполненная скульптором для медали



48. Медная форма с выворотным текстом, полученным фототравлением



49. Реверс медали с прямым текстом

порошком (особенно тщательно края формы). По окончании протирки форму снова промывают водой, после чего протравливают 3—5 мин в растворе азотной кислоты (150 мл азотной кислоты на 100 мл воды).

Протравленную форму тщательно промывают водой и немедленно наносят на нее светочувствительный состав.

Светочувствительный состав готовят смешением двух растворов. Первый раствор имеет следующий состав:

Аммиак 22° Ве	200 мл
Шеллак светло-желтый (в порошке)	140 г
Вода	1000 мл

Раствор размешивают и выдерживают сутки до полного растворения шеллака, затем нагревают в колбе на водяной бане в течение 10 мин до 20°.

Полученную массу выдерживают двое-трое суток для выделения шеллачного воска, после чего сливают с осадка чистый раствор.

Второй светочувствительный раствор имеет состав:

Аммиак 22° Ве	25 мл
Спирт 95°	25 мл
Аммоний двуххромовокислый	12 г
Вода	200 мл

Растворы смешивают, медленно приливая второй к первому при непрерывном размешивании до полного осветления. При смешивании растворов жидкость сперва принимает вишневый цвет, затем становится совершенно бесцветной. Готовую светочувствительную жидкость можно хранить в закрытом сосуде не более 15—20 суток.

Обезжиренную форму кладут на край стола несколько наклонно, обливают водой и тут же через воронку с ватой наливают на верхний край формы приготовленный светочувствительный раствор так, чтобы вода скатывалась впереди раствора. Когда раствор стечет, вторично наливают его тем же способом и снова дают избытку раствора стечь в течение 2—3 сек.

Форму, облитую светочувствительным раствором, устанавливают вертикально, чтобы раствор ровным слоем стекал по ней.

Для создания тонкого и ровного светочувствительного слоя на форме ее помещают горизонтально в центрифугу и вращают ручку со скоростью 2—3 об/мин в течение 2—3 мин. После центрифугирования светочувствительный слой должен подсохнуть по всей площади формы, включая края. Поверхность формы должна быть целиком покрыта светочувствительным слоем, не быть липкой, иметь светло-желтую окраску.

Затем производят экспонирование наложением на форму приготовленного негатива в виде обычной фотопленки с текстом, уменьшенным соответственно размерам медали. Экспонирование производят засвечиванием вольтовой дугой или электролампой в 500 вт на расстоянии 0,5 м в течение 10—20 мин.

Форму проявляют в денатурированном спирте с добавлением 0,2% метилового фиолетового красителя. Проявление длится 3—5 мин; в процессе проявления засвеченные места освобождаются от слоя шеллака.

Проявленную форму поливают фильтрованным 10-процентным раствором метилового фиолетового красителя в денатурированном спирте, после чего промывают струей воды. Если струей воды удалить шеллак в засвеченных местах формы не удастся, то форму проявляют мокрым ватным тампоном. Затем форму сушат в сушильном шкафу при 60—70°.

Высушенную форму покрывают типографской иллюстрационной краской накатыванием твердым типографским валиком и припудривают канифолью. Обратную сторону формы покрывают нитролаком или воском.

Подготовленную таким образом форму травят электрохимически в растворе, содержащем хромовый ангидрид 300 г/л и сернокислый аммоний 100 г/л. Температура раствора 18—20°, плотность тока 10 а/дм². Продолжительность травления зависит от требуемой высоты текста.

Вместо электрохимического можно применять химическое травление 50-процентным раствором хлорного железа.

Кроме приведенного выше, существуют также различные другие рецепты светочувствительных составов. Так, например, применяют хромоальбуминовый состав:

Яичный белок	200 мл
Бихромат аммония	10 г
Аммиак	2—3 мл
Вода	1000 мл

Для приготовления этого состава белок отделяют от желтка, взбивают в пену и оставляют на 15—20 час. для отстаивания, после чего белок сливают, отделяя его от пены. В отстоявшийся белок вливают аммиак, затем раствор бихромата аммония.

На форму с нанесенным светочувствительным слоем накатывают типографским валиком иллюстрационную типографскую краску.

Краска имеет, например, следующий состав (в %):

Газовая сажа	46
Олифа	50,5
Олеиновая кислота	0,5
Стеарин	2
Стеарат алюминия	1

Далее форму проявляют, погружая в воду и слегка протирая ватным тампоном; при этом вскрывают текст, отделяя пленку засвеченного слоя.

Форму, подготовленную таким образом к травлению, сушат и запудривают тонким порошком асфальта, после чего подогревают до 80—85°; типографская краска сплавляется с асфальтовым порошком. Признаком хорошего сплавления является блестящая



50. Фрагмент медной формы реверса медали.
Видны дефекты на буквах

поверхность формы. Обратную сторону покрывают затем плотным слоем лака, и форму травят.

Вытравленный на соответствующую глубину текст затем в форме подправляют штихелем, обращая главное внимание на стенки букв и лишь частично на дно.

Стенки букв вытравливаются почти отвесно и получаются гладкими, а дно их — шероховатым. Поэтому следует производить травление глубже, чем требуется для запроецированной высоты текста. Лишний слой по высоте после наращивания текста снимают плоским надфилем; таким образом, весь текст выравнивается по высоте с одновременным удалением шероховатостей, образующихся в процессе травления.

На рис. 50 изображена форма с текстом для реверса медали, где видны шероховатости в дне букв после травления.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНТРРЕЛЬЕФОВ

Выше уже было упомянуто, что металлические формы могут быть сняты с самой гальваноскульптуры. Получаемые таким путем медные гальванические контррельефы широко применяют в гальванопластике для массового репродуцирования.

Впрочем, формы, получаемые электролитическим путем, используют исключительно для плоской скульптуры — барельефов, блюд, различных орнаментов, филигранных изделий и медальерных работ.

Медные контррельефы удовлетворяют самым высоким требованиям, предъявляемым гальванопластике: дают абсолютную точность воспроизведения, обладают высокой электропроводностью, не имеют усадки и многократно используются в массовом репродуцировании. Способ изготовления медных контррельефов удобен не только для получения абсолютно точных копий, но и для отделки фона плоской скульптуры, что часто требуется в портретных ба-

рельефах и особенно при изготовлении медалей, плакеток, блюд, а также в различных крупных орнаментированных барельефах.

На медном контррельефе имеется полная возможность безукоризненно прошабрить, отшлифовать, затем отполировать фон непосредственно в форме, что часто вызывается необходимостью при работе с гипсовыми рельефами.

Гипсовые модели обычно имеют следы от воздушных пузырьков или от плохо просеянного гипса, а также другие дефекты формирования, часто незаметные на моделях из гипса; такие дефекты резко выявляются на металле, требующем по фактурным качествам тщательной и безукоризненной отделки.

Все такого рода дефекты на медном контррельефе удаляют с фона. Одновременно могут быть устранены дефекты формовки, главным образом от воздушных пузырьков, следы которых имеют вид рассеянных выпуклых точек или наростов. Самый контррельеф, особенно если он представляет собой портретную скульптуру, отделяет опытный гравер, который удаляет указанные дефекты так, чтобы не затронуть фактуры рельефа и не оставить следов своей работы.

Описанный способ дает также возможность наносить гравировку на фон рельефа, что часто требуется при медальерных работах для внесения текста, дат и т. п.

Перед изготовлением медного контррельефа предварительно к обратной стороне копируемой металлической модели припаивают медную подвеску — контакт из хлорвинилового провода соответствующего сечения, подобранного по рабочей плоскости тока. Затем форму обезжиривают щелочью и, если требуется, протравливают азотной кислотой и обрабатывают вращающейся мягкой латунной щеткой. Подготовленную модель с обратной стороны покрывают плотным слоем воска, парафина или кислотоупорного лака, чтобы место припайки контакта, нерабочая сторона модели, края модели и незначительная часть припуска у самых краев модели были изолированы. Необходимо следить за тем, чтобы воск не попал на обработанный фон или рельеф модели. Защитный изоляционный слой лучше наносить на слабо подогретую модель для более прочного сцепления его с металлом. Края модели и незначительную часть фона (3—5 мм, если позволяют размеры) следует покрывать изолирующим слоем с учетом того, на какую величину будет срезаться края будущей репродукции. Изолирующий слой облегчает отделение копии от формы.

Модель, покрытую изолирующим слоем, вторично подвергают тщательному электрохимическому обезжириванию в ванне, содержащей 100 г/л кальцинированной соды при плотности тока в 2—3 а/дм² и комнатной температуре; продолжительность обезжиривания 15—20 сек. Затем модель промывают струей воды и производят дополнительное механическое обезжиривание ее тонко размолотым мелом, одновременно играющим роль полирующего средства. Мел наносят на модель в виде кашицы и тщательно протирают жесткой щеткой всю поверхность модели, особенно у краев. По окончании

обезжиривания мелом модель промывают струей воды, декапируют в 10-процентном растворе уксусной кислоты и снова промывают. На подготовленную таким образом модель наносят разделительный слой.

Для создания разделительного слоя используют различные растворы.

Раствор для контактного серебрения готовится следующим образом: 20 г азотнокислого серебра растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды, затем переводят его в хлористое серебро добавлением раствора 20 г поваренной соли в небольшом объеме дистиллированной воды (получение хлористого серебра производится в темноте). Выпавший осадок хлористого серебра несколько раз промывают водой, затем помещают его в предварительно приготовленный 5-процентный раствор гипосульфита.

Для серебрения модели раствором смачивают мел, который затем в виде жидкой кашицы наносят на обрабатываемую поверхность, натирая ее жесткой щеткой до тех пор, пока модель не покроется ровным слоем серебра не только по фону, но и по всем углублениям рельефа. По окончании серебрения модель промывают струей холодной воды, затем обливают горячей или теплой водой и, наконец, окончательно промывают в 2—3-процентном растворе уксусной кислоты.

Для контактного серебрения модели можно пользоваться и другим составом, содержащим цианистый калий, что требует особых предосторожностей при работе с ним.

Цианистый состав для серебрения (в г):

Азотнокислое серебро	20
Поваренная соль	8
Цианистый калий	20
Вода дистиллированная	1000 мл

Цианистое серебро получают предварительным осаждением хлористого серебра, которое несколько раз промывают водой и загружают в 2-процентный раствор цианистого калия в дистиллированной воде.

Модель обрабатывают так же, как и в первом случае.

Чтобы в большей мере воспрепятствовать срачиванию модели с контррельефом, ее дополнительно оксидируют раствором двуххромовокислого калия, йода или серной печени, затем промывают струей воды и после этого погружают в электролит.

При оксидировании йодом применяют 10-процентный раствор его в спирте. Модель обливают йодным раствором или погружают в него на 3—4 сек. Для этой цели можно применять и 3-процентный раствор двуххромовокислого калия, в который модель погружают на 40 сек, или, наконец, серную печень, в которой модель должна находиться 2—3 сек.

Серную печень готовят кипячением 7 г порошкообразной серы в 50 мл 25-процентного раствора едкого натра до полного растворения серы. Для получения рабочего раствора серной пече-

ни перед оксидированием смешивают 1,5 мл концентрированного раствора серной печени с 100 мл спирта и 200 мл воды. Перед применением раствор взбалтывают. Сохранность рабочего раствора около 2—3 часов, а концентрированного 3—4 суток.

Перед нанесением разделительного слоя надо тщательно обработать форму. Для получения разделительного слоя высокого качества необходимо также точно соблюдать рецепт его и выдерживать правильный режим работы. Для нанесения разделительного слоя всегда следует применять свежеприготовленный раствор, а по нанесении его промыть форму в воде и немедленно под током загрузить ее в ванну.

При наличии правильно нанесенного разделительного слоя копия легко отделяется от формы введением между ними лезвия ножа без применения особых усилий, которые могли бы вызвать деформацию формы или репродуцируемой копии.

Медные контррельефы нередко снимают не с гальванопластической скульптуры, а со скульптуры, изготовленной из других материалов, например из гипса.

Для этой цели гипсовые скульптуры предварительно пропитывают специальной восковой композицией, пластилин покрывают водокислотоупорным лаком, изделия из бумаги, папье-маше и дерева пропитывают парафином и т. п.

Контррельефы наращивают, как было указано, и непосредственно на металлические модели, после тщательной предварительной их подготовки и нанесения разделительного слоя.

В таких случаях для изготовления медных контррельефов необходимо перед наращиванием особо внимательно осматривать модели, избегая изготовления контррельефов со скульптур, имеющих замки, которые не допускают отделения контррельефа.

Особенно тщательно надо проверять сложнопрофилированные модели или скульптуры с высоким рельефом, при осмотре которых трудно получить представление обо всех поднутрениях, создающих замки. В таких случаях для проверки предварительно снимают контрольную форму из твердой восковой композиции и внимательно осматривают ее, осматривают также модель. Если при этом обнаруживается, что от модели или формы оторвались кусочки воска, к изготовлению медного контррельефа приступать нельзя.

Если модель покрыта никелем, создают другой разделительный слой. Для этого поверхность модели обезжиривают 3-процентным раствором едкого натра в дистиллированной воде, нанося его на модель ватным или марлевым тампоном. Затем модель промывают струей воды при температуре 25° и обливают свежеприготовленным 0,4-процентным раствором хромпика, слоем не менее 1 мм; через 10 мин раствор сливают.

Для образования разделительного слоя на никеле и меди применяют и более грубый, менее надежный раствор в виде 2—3-процентного раствора хромпика, в который погружают форму на 3—5 мин. Свинцовые формы обрабатываются в растворе хромовой

кислоты, для этого предварительно формы обезжириваются в бензине, уайт-спирте, затем в 3—5-процентном растворе углекислого калия и после декапирования в 3—5-процентном растворе азотной кислоты и промывания в проточной воде оксидируются для нанесения разделительного слоя в концентрированном растворе хромовой кислоты. Чем выше кислотность ванны, тем дольше оксидируют металл для получения более надежного разделительного слоя.

Точное литье скульптур из пластических масс¹

Для репродуцирования скульптур из литейных пластических масс предварительно изготовляют модели таким же способом, как для литья по восковой модели. В кусковые гипсовые, увлажненные, а затем смазанные подсолнечным маслом формы заливают восковую композицию, например следующего состава (в г):

Церезин	700
Парафин	200
Канифоль	100

На полученные восковые модели наносят натиранием графитовый проводящий слой или химическим путем слой серебра. На открытых проводящих слоем моделях устанавливают проводники и под током погружают в электролит.

После получения слоя металла требуемой толщины воск из полученных гальванических форм выплавляют, для чего подогревают их над паром. Затем промывают формы бензином, уайт-спиртом или другими растворителями, обезжиривают горячей едкой щелочью и промывают горячей водой, после чего протравливают азотной кислотой и окончательно промывают. Изготовленные таким способом формы отличаются высокой точностью, легкостью и прочностью.

При получении гальванических форм непосредственно с подлинных — обычно пластилиновых — моделей, легко выплавляемых из форм, формы отличаются еще более высокой точностью.

В полученные гальванические формы заливают смолу, например резитовую, неoleyкоритовую или иную, например эпоксидную, обладающую высокими литейными свойствами. Конденсацию ведут в масляных ваннах или термостате при температуре 60—70° в течение 40—50 час. После затвердевания смолы формы удаляют с готовой скульптуры.

При изготовлении указанного типа форм — бесшовных — удаление форм с пластмассовой скульптуры осуществляется растворе-

¹ Описываемый ниже метод разработан лабораторией Московского института прикладного и декоративного искусства.

нием в том же серноокислом медном электролите, в котором производится наращивание форм, для чего их завешивают на анод. При этом можно производить одновременно наращивание новых форм на восковые модели, висящие на катоде.

При больших сериях отливаемой скульптуры смолу заливают в медные разборные формы, служащие постоянно и изготовляемые следующим способом. В кусковой форме из гипса между кусками прокладывают кинолентку с таким расчетом, чтобы она выступала над их поверхностью. В подготовленную таким образом форму заливают воск для получения модели. По затвердевании воска гипсовую форму разбирают, а восковая модель оказывается разделенной на соответствующие куски киноленткой. Далее на восковую модель наносят проводящий слой, погружают в ванну и наращивают слой металла толщиной в 5—10 мм. Благодаря наличию проложенной кинолентки откладывающийся при наращивании металл на модели разделен на куски, соответствующие кускам гипсовой формы. Получается разборная металлическая форма, что дает возможность отливать в ней скульптуру из пластических масс в большом количестве. Кожух для разборной формы изготовляют из гипса или отливают из алюминиевого сплава.

Для получения пустотелых пластмассовых скульптур в медных формах устанавливают стержни из гипса, разведенного на воде с крахмалом. Просушенные стержни предварительно заформовывают на медных проволоках в восковые модели. Для этого их подвешивают на проволоках внутри гипсовых или металлических разборных форм, после чего последние заливают воском: стержни оказываются внутри скульптур. После изготовления металлической формы, т. е. наращивания на восковую модель, гипсовый стержень остается подвешенным на проволоках внутри медной формы. После затвердевания смолы стержни вымывают струей воды.

Стержни изготовляют также из пенопласта — губчатой пластической массы, отличающейся большей легкостью, которая остается внутри скульптуры, упрочняя ее.

Изготовление матриц с ceroфановых моделей

Для изготовления рассматриваемых на просвет художественных изображений на керамике или на органическом стекле применяется метод ceroфании¹, заключающийся в изготовлении прозрачных восковых изображений, отличающихся особо низким рельефом; при этом художник лепит, рассматривая изображение на просвет. Для лепки ceroпластических моделей применяют спе-

¹ Метод разработан художником Н. И. Селезевым.

циальную твердую просвечивающую восковую композицию, например следующего состава (в %):

Канифоль	8
Скипидар	6
Стеарин	30
Воск пчелиный	51
Тальк	5

Восковую композицию разогревают и наливают равномерным слоем толщиной 2—3 мм на стекло. Для облегчения скульптор предварительно прокалыванием с кальки переносит на воск контур требуемого рисунка. В зависимости от толщины слоя восковая композиция пропускает различное количество света, что и выявляет тональные переходы изображения.

Церофания дает возможность получить обычным приемом гальванопластики медную негативную матрицу.

Полученную матрицу можно использовать различными приемами: в ней можно отформовать органическое стекло, с нее можно получить гипсовую форму для керамики и, наконец, она может служить непосредственно художественным изделием после нанесения на нее прозрачной эмали.

При использовании матрицы для изготовления репродукции из органического стекла матрицу наращивают до толщины 2—3 мм в наиболее толстых местах, затем с нее отформовывают под прессом из листового молочного органического стекла позитивное изображение, которое на просвет будет давать такой же художественный эффект, как и оригинал, изготовленный методом церопластики на воске: более тонкие места пластической массы будут пропускать больше света, а более толстые — меньше, чем и выявится изображение. Такой же живописный эффект получается и на отштампованном фарфоре.

При использовании матрицы для изготовления изображений на керамике с нее, как с модели, снимают гипсовую форму, служащую для шликерного литья или формования. Отлитую или отформованную керамическую массу после сушки и обжига по всей плоскости рельефа заливают потечной глазурью и обжигают. Залитая, обожженная потечная глазурь также тонально воспроизводит церопластическое изображение за счет различной толщины глазури на поверхности рельефа. Матрицу можно использовать и непосредственно как модель для покрытия прозрачной цветной эмалью, дающей аналогичный живописный эффект, как и на керамике. Перед нанесением эмали матрица должна быть предварительно прокалена при 750—800° для удаления поглощенного металлом при наращивании водорода, наличие которого может вызвать вспучивание и пузырение эмали.

ГЛАВА VIII

МОНТИРОВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Монтировка скульптуры

Изготовление гальванопластической скульптуры завершается монтировкой, охватывающей слесарно-сборочные работы разнообразных видов, начиная от изготовления каркасов для сложной объемной скульптуры, кончая пайкой и зачисткой швов после соединения их деталей.

В художественной обработке металлов монтировочные работы должны отличаться особой тщательностью. Для правильного их выполнения требуются не только слесарные навыки, но и понимание специфики скульптуры или художественного изделия, зачастую диктующей требование индивидуального подхода к их монтированию.

Монтировка должна производиться не только надежно, но и так, чтобы не было заметно ее следов. При монтировке не должна нарушаться фактура изделия и тем более не должна происходить его деформация.

Монтирование начинается с удаления облоя, то есть излишка металла, образующегося в процессе наращивания по периметру на закраинах формы.

В барельефах или медальерных скульптурах срезание облоя не представляет труда; оно производится по разметке.

При удалении облоя со сложнопрофилированных деталей, предназначенных для круглой скульптуры, когда необходимо сохранять точные размеры закраин деталей и оставлять припуск на последующую пригонку швов без зазоров, требуется тщательный обмер деталей и аккуратная обрезка.

С барельефной и медальерной скульптуры при незначительной толщине металла (1,5—2 мм) облой можно срезать круговыми ручными ножницами или обрубить зубилом, а при большей толщине металла — лобзиком или ножовкой, что, естественно, менее производительно и ввиду высокой вязкости меди трудоемко.

Со сложнопрофилированных деталей круглой скульптуры облой удаляют на специальном фрезерном станке, снабженном узкой мелкозубой дисковой фрезой, диаметр которой должен быть 60—



51. Монтаж скульптуры

70 мм и шириной 0,5—0,8 мм при ручной подаче и скорости вращения в 250—300 об/мин (такая скорость вращения необходима ввиду вязкости меди).

Фрезу на оправке располагают в нижней части станины так, что она сквозь узкую щель выступает над столом на 1—1,5 см в зависимости от расположения облоя на сложнопрофилированной детали.

Стол станка должен быть подъемным, что дает возможность регулировать вертикальную подачу рабочей части фрезы над столом. Таким образом, конструктивно станок прост и напоминает дисковую пилу.

После удаления облоя детали скульптур подгоняют припиливанием встык и спаивают.

Для паяния применяется преимущественно оловянно-свинцовый припой (третник), так как твердые припои — медные, латунные и т. п. — требуют высоких температур и предварительно значительного прогрева металла (до 800—900°), что вызывало бы его деформацию и затрудняло бы монтировку. Паяние можно заменить специальной электросваркой с местным нагревом.

Для точного монтирования объемной скульптуры необходимо использовать кусковые формы, в которые укладывают готовые детали и производят с изнанки паяние или электросварку.

Ввиду того что уложенные детали фиксируют гипсовой формой, точно сохраняется форма скульптуры в процессе монтировки.

Имеет значение определенная последовательность монтировочных работ. При изготовлении круглой скульптуры монтировку начинают с нижней ее части, т. е. с плинта, затем переходят к ногам скульптуры и к ее верхним деталям.

Сложную объемную скульптуру монтируют на специальных клепаных или сварных каркасах из полосовой, угловой, круглой, а иногда и швеллерной стали мелких профилей в зависимости от размеров и сложности деталей скульптуры. Каркас строится на раме плинта так, чтобы придать ему очертания, соответствующие форме скульптуры и обеспечить надлежащую его жесткость.

К каркасу прикрепляют отдельные скобы из латуни или меди, изогнутые по внутренним формам скульптуры, к которым и припаивают при монтировке отдельные детали скульптуры. Подобное крепление каркаса видно на рис. 51.

Плинт скульптуры облицовывают листовой медью или латунью соответствующей толщины (обычно 1,5—2 мм). Каркас плинта представляет две рамы из углового железа, расположенные одна над другой и соединенные приваренными распорками.

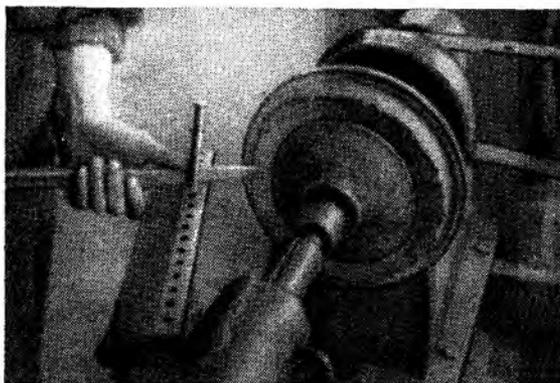
Верхнее основание каркаса снабжают плоскими перемычками из котельного железа, например для ступней ног; от перемычек обычно и начинают строить каркас, прикрепляя его болтами или приваривая.

Продуманная конструкция каркаса дает необходимые ориентиры для монтирования и облегчает процесс.

Монтировка медалей

Медали монтируют на давальном станке (станок типа токарного по дереву с мощным мотором) в специальном патроне простой конструкции.

Патрон представляет собой деревянную болванку с гнездом, диаметр которого соответствует запроектированному диаметру медалей.



52. Прием удаления облоя с медали

ли. Он изготавливается обточкой на токарном станке из бука или другого дерева твердой породы. При серийном производстве медалей патроны изготавливают из алюминия или алюминиевого сплава. Готовые гальванопластические заготовки — аверсы и реверсы — предварительно вырезают по намеченной окружности на давальном станке с применением резинового прижима, надеваемого на центр бабки (рис. 52). Прижим удерживает заготовку медали на плоском патроне (рис. 53). С обратной стороны заготовку предварительно заливают твердым воском или смолой, чтобы не придавить прижимом рельефа (сила давления на прижим должна быть незначительной).

Давильная работа заключается в закатке бортов корпуса медали.

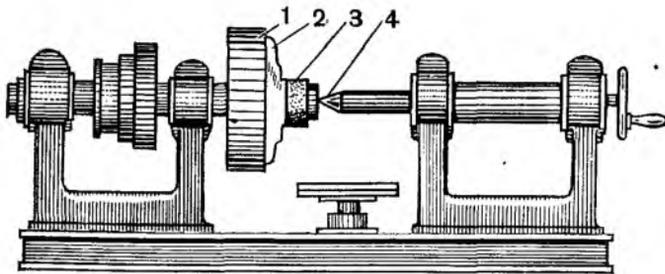
Корпус изготавливают на давальном станке, а при серийном выпуске — штамповкой на прессе.

Корпус односторонней медали (обычно увеличенную модель) изготавливают из листовой меди толщиной 0,5—0,8 мм. Форма такого корпуса показана на рис. 54, а; на дне его накатывают ободок, который по форме и высоте должен соответствовать ободку на лицевой стороне медали. Затем вытачивают чугунный вкладыш, вес которого должен быть близок к весу отштампованной медали.

Вкладыш плотно вставляют в корпус медали.

Корпус с вкладышем (рис. 54, б) центрируют в гнезде патрона давального станка и закрепляют в нем прижимом. Затем торец корпуса медали подрезают так, чтобы стенки выступали над вкладышем на величину, равную толщине вкладываемой заготовки со скульптурным изображением, и чтобы оставался еще край для закатки ободка медали.

Внутри корпуса медали стенки несколько подрезают для облегчения закатки ободка.



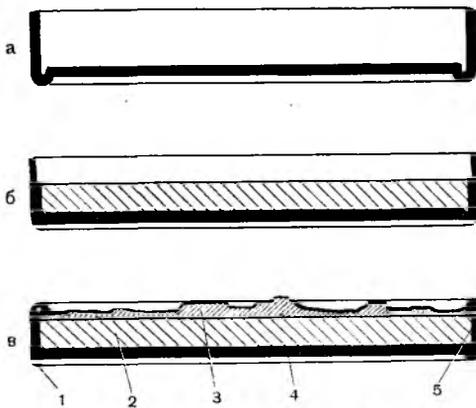
53. Схема прижима медали при обработке на давальном станке:

1 — патрон, 2 — медаль, 3 — резиновый прижим, 4 — центр станка

Наконец, в корпус на вкладыш вставляют скульптурное изображение медали и закатывают (рис. 54, в).

Возможен и другой способ монтировки, при котором корпус изготовляют на давальном станке.

При изготовлении двусторонней медали на давальном станке изготовляют ее корпус в виде кольца с ободком с одной стороны.



54. Схема монтировки медали (разрез):

а — корпус, б — корпус с вкладышем, в — готовая медаль

С противоположной стороны в кольцо закладывают гальваноскульптурную заготовку реверса и плотно прижимают вкладышем, затем вставляют гальваноскульптуру аверса медали и закатывают второй корпус в виде ободка.

Медальоны обычно снабжают профильными художественными рамками, которые изготовляют на давальном станке; художествен-



55. Медаль, посвященная К. Э. Циолковскому (аверс и реверс).
Скульптор М. И. Иванова

ные рамки отливают из бронзы или легкоплавкого металла. В готовую рамку вставляют скульптурное изображение и припаивают его; такая модель служит для серийного гальванопластического репродуцирования.

С медальонов, подготовленных указанным способом или чеканкой, делают формы, применяя для стливки восковую композицию (рис. 55).

Пример специальной монтировки художественных изделий.

При изготовлении художественных изделий гальванопластическим путем монтировочные работы имеют большое значение.

В качестве примера таких изделий может служить декоративное блюдо, показанное на рис. 56. На нем изображены знаки Зодиака. Блюдо состоит из отдельных медальерных скульптур и орнаментов.

На внешней части блюда расположено шесть медальонов, вмонтированных между пальметками (рис. 57). Пальметки изготовляют отдельно и впаивают в борт блюда.

Внутреннее кольцо с изображением грифонов вставное, как и центральная скульптурная деталь с изображением амуров. Край представляет собой овальный орнамент, обрамляющий блюдо по кругу.

Техника изготовления и монтировки декоративных блюд такого типа заключается в следующем. Вставки с изображением знаков Зодиака изготовляют гальванопластически каждую в отдельности и монтируют впаиванием между пальметками.



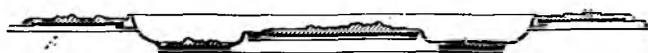
56. Общий вид блюда со знаками Зодиака.

Гальванопластикой изготавливаются также скульптурные детали, расположенные внутри блюда, — дно его с изображением грифонов и амуров в центральной части.

Монтировка центральной скульптурной части и дна блюда с грифонами осуществляется закаткой через соединительное медное профильное кольцо, выдавленное на станке.

Детали, расположенные внутри блюда, соединяют закаткой в фальц на давальном станке.

Таким же способом скрепляют борт блюда со всей его внутренней частью.



57. Схема монтирования блюда

ГЛАВА IX

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА СКУЛЬПТУРЫ

Значение отделки

Декоративная отделка производится тонированием или гальванопокрытием, иногда гальванопокрытием с последующим тонированием.

Тонирование — завершающий процесс отделки гальваноскульптуры, усиливающий ее выразительность. Оно уменьшает первоначальный блеск чистого металла, смягчает переходы от выпуклостей к углублениям, но одновременно может подчеркнуто выделять пластические формы.

Естественное тонирование получается при длительном пребывании медной или бронзовой скульптуры в атмосфере, содержащей газообразные сернистые и другие соединения; происходит образование так называемой «патины». Естественная «античная» патина отличается малахитовым, зеленовато-синеватым, тоном.

Коричнево-черную патину обычно наносят искусственно. Искусственное создание патины на произведениях скульптуры имеет особое важное значение для их окончательной отделки и требует вкуса, умения и опыта.

Диапазон темных и коричневых цветов, получаемых химическим тонированием медной скульптуры, довольно ограничен и не всегда может удовлетворять требованиям, предъявляемым к декоративной отделке скульптур. Поэтому часто применяют гальваническую декоративную отделку в цвет бронзы, серебра или других металлов с последующим химическим оксидированием.

Предварительное гальваностегическое нанесение на медную скульптуру других металлов значительно расширяет возможности придания скульптуре желательного цвета и одновременно химического тонирования. Таким образом, в сочетании разных способов имеется полная возможность в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отделке скульптуры, создавать декоративный эффект, усиливающий светотени и подчеркивающий общий колорит скульптуры.

Обычно медную гальваноскульптуру обрабатывают в цвета бронзы или латуни. Бронзовый цвет придает гальваноскульптуре весомость и монументальность: она воспринимается как литая.

Гальваническое покрытие бронзой — процесс, требующий очень тщательного наблюдения и контроля за электролитом, поэтому его заменяют гальваническим латунированием; отложение получается близкое по цвету к бронзе.

Латунирование служит не только для отделки всей скульптуры, но и специально для покрытия швов от пайки или сварки. Скульптуры, пропаянные свинцово-оловянным припоем, нужно обязательно покрывать металлом в цианистых (латунных или медных) электролитах.

Покрытия других видов, как никелевое, цинковое, кадмиевое и пр., применяются значительно реже, чем латунные, и только в специальных целях — для защиты от коррозии или для отделки, приближающейся к цвету нержавеющей стали (достигается пескоструйным матированием этих покрытий).

Декоративную отделку благородными металлами — серебром и золотом — применяют главным образом для отделки медалей, медальонов, различной медальерной скульптуры и ювелирных гальванопластических изделий.

Заменителем серебра может служить покрытие так называемым «спекуломом» — бронзой, состоящей из 55% олова и 45% меди; покрытие ведут в цианистом электролите.

При гальваностегическом способе отделки скульптур, подлежащих установке на открытом воздухе, следует наносить более толстые слои металла с подслоем цинка, кадмия и т. п. для получения плотных и беспористых покрытий.

Кроме того, все скульптуры, подвергающиеся химическому тонированию или гальваностегическому нанесению металла с последующим тонированием, необходимо покрывать защитным прозрачным лаком, например нитролаком, или, лучше, более стойким лаком — глифталевым или пентафталевым, предохраняющим от быстрого дальнейшего окисления. Применяется также натирание скульптуры раствором воска в горячем скипидаре.

Подготовка скульптуры к отделке

Все виды декоративной отделки скульптуры (как химической, так и гальванической) требуют тщательной предварительной подготовки, не отличающейся от обычной подготовки в гальваностегии.

Скульптура должна быть очищена от следов гипса и воска, остающихся от форм, затем обезжирена и обработана латунной щеткой.

В зависимости от размеров скульптуры обезжиривание можно производить погружением в горячие щелочи или обливанием ими. При обезжиривании скульптуры больших размеров, обработка которой щелочами затруднительна, применяют пескоструйную очистку мелким песком, подаваемым сжатым воздухом под давлением 2—3 ат, с последующей обработкой венской известью и промывкой содой.

Перед пескоструйной обработкой удаляют растворителями восковой слой, остающийся на скульптуре в виде тонкой пленки после удаления восковых или гипсовых форм, обычно, как мы знаем, пропитанных восковой композицией.

Для этой цели можно применять различные растворители, как, например, уайт-спирт, перхлорэтилен, бензин и т. п. Приводим примерный состав раствора для химического обезжиривания медной скульптуры:

Едкий натрий твердый	25 г
Углекислый натрий	25 г
Тринатрийфосфат	25 г
Вода	1 л
Температура раствора 80—90° .	

При наличии швов или каких-либо деталей скульптуры, пропаянных свинцово-оловянным припоем, обезжиривание погружением должно быть кратковременным (не более 3—5 мин) во избежание растворения олова в щелочах.

Скульптуру можно обезжиривать также протиркой венской извесью с последующей промывкой горячим раствором едкого кали.

При наличии темных пятен в виде окислов скульптуру после обезжиривания можно протравить, пользуясь, например, таким составом (в вес. частях):

Азотная кислота (уд. вес 1,33—1,38)	750—800
Серная кислота (уд. вес 1,80—1,84)	900
Поваренная соль	10—15

Скульптуру обливают этим составом и немедленно тщательно и многократно промывают водой. Затем обрабатывают латунной щеткой, протирают мелким мокрым песком, опять промывают водой и погружают в ванну для нанесения требуемого декоративного покрытия.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА МЕДИ И МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Декоративная отделка художественных металлических изделий и скульптуры способом оксидирования является неотъемлемой частью художественной обработки металла. Декоративная отделка металлических художественных изделий, скульптуры и некоторых деталей архитектуры производится тонированием, то есть оксидированием в заданный цвет путем нанесения соответствующих реагентов на металл и образования на нем оксидных пленок, полученных химическим или электрохимическим способом. Как указывалось, применяется также комбинированная декоративная отделка металла способом нанесения на него металлических пленок с последующим их оксидированием.

Еще в середине прошлого века был известен гальванический способ отделки металла (работы академика Б. С. Якоби), а также техника цветной декоративной отделки, получаемой химическим и электрохимическим оксидированием (63).

В 60-х гг. прошлого столетия известный гальванотехник И. М. Федоровский описал гальваническую оксидировочную ванну, состоящую из «уксуснокислой окиси свинца, смешанной с едким кали» (63). Он указывал, что если «соединить медную пластинку с цинком батареи и платиновую проволоку с ее медью, употребляя разведенный раствор уксуснокислой окиси меди и селитры, то пластинка покрывается цветом, который касательно отлива и блеска походит на крылья разных насекомых; здесь преобладает светло-желто-золотистый цвет».

Далее И. М. Федоровский сообщал, что в тех случаях, когда применяют «раствор свинцовой окиси и кали и при этом употребляют платиновую проволоку или пластинку, то на аноде (то есть оксидируемой поверхности. — Н. О.) тотчас же осаждается слой безводной окиси, которая постепенно утолщается и принимает последовательно несколько различных оттенков, и как скоро желаемый цвет показался, вынимают окрашенный предмет из свинцового раствора...». И далее: «Цвет, полученный электрохимическим путем, зависит не только от толщины осадка, но и от металлической поверхности...» (63).

Оксидирование сообщает декоративность и окраску поверхности металла, способную рассеивать свет, а также предохранять металл от коррозии.

Искусственно нанесенные декоративные пленки имитируют естественно образующиеся на меди и бронзе окислы. Они не только декорируют металл, но во многих случаях, как указывалось выше, защищают его от коррозии.

Декоративная отделка скульптуры или художественных изделий производится химическим или электрохимическим способом. Различные цветные оксидные пленки получаются вследствие образования химических соединений металла или в результате электрохимического воздействия электролита на обрабатываемую поверхность.

Окрашивание металла электрохимическим способом дает возможность получения богатой гаммы разнообразных тонов и полутонов.

Пленки всех видов, образуемые на металле как в атмосферных условиях, так и искусственно, обладают различными не только декоративными, но и физико-химическими свойствами и зависят от среды, воздействующей на металл, или тех реагентов, которые применялись для нанесения оксидных пленок.

Оксидные пленки бывают: толстые — видимые, толщиной более 5000 \AA^1 ($0,5 \text{ мкм}$); средние (в виде «цветов побежалости») толщиной от 400 до 500 \AA , невидимые толщиной меньше 400 \AA .

Патинирование скульптуры

Обычно скульптуру тонируют в зеленоватые цвета. Зеленый цвет воспринимается как наиболее мягкий и обобщающий, поэтому тонирование скульптур «под древнюю (античную) патину»² наиболее распространено.

Пatina, нанесенная на скульптуру, сообщает ей монументальность; формы скульптуры подчеркиваются или, наоборот, смягчаются.

Пatina отличается от многих других видов декоративных оксидных пленок и других отделок возможностью получения на ней плавных цветовых переходов, создающих гармонию светотеней на скульптуре.

Цвета патины разнообразны, но наиболее распространен зеленый цвет. В естественных условиях зеленая патина легче образуется на медных предметах, если, например, они находятся на большой высоте. Патина, имеющая голубые оттенки (доходящие до темно-синих), менее распространена.

¹ \AA (ангстрем) = $1 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ = $1 \cdot 10^{-7} \text{ мм}$. 1 мкм = $1 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ = $10\,000 \text{ \AA}$.

² Патина — «благородная ржавчина» (verde antico nobiles). В дальнейшем оксидирование в зеленый цвет мы будем называть патинированием.

Цвета патины зависят от состава бронзы и атмосферных условий, в которых находится скульптура, а также от реагентов, которыми металл тонируется искусственно.

Профессор А. Г. Спасский (64) указывает, что «многие исследователи патины на изделиях древности приходят к выводу, что они были нанесены искусственно» (разрядка наша. — Н. О.).

В беседе с Анатоном Франсом знаменитый скульптор Родэн сказал: «Вы ведь знаете, что я держу своих голубей только для того, чтобы моя бронза покрылась патиной»¹.

Мы полагаем, что Родэн, прекрасно зная античное искусство, пользовался этим способом патинирования именно по античным источникам.

Кроме благородных патины, существуют и вредные патины, разрушающие металл. Одна из них имеет, например, ярко-зеленый цвет; это так называемая дикая патина, состоящая из хлористых соединений меди. Эти соединения образуются на металле в условиях влажной среды и могут вызвать весьма активную коррозию, в результате чего металл превращается в рыхлую рассыпающуюся массу.

Вредная корродирующая патина другого вида, так называемая голубая патина Коха, представляет двойную соль углекислого натрия и углекислой меди.

Качество искусственных патины зависит от состава бронзы. Красивые и стойкие патины обычно образуются на бронзах, содержащих большое количество меди и незначительное количество олова; они по составу близки к античным, в частности к знаменитым коринфским бронзам, в которых количество меди превышало 90%. Это наблюдение подтверждается тем, что латунь действительно тонируется с большим трудом и на латуни, в случае низкого содержания в ней меди, хорошая патина не получается.

Наличие в бронзах небольшого количества свинца (до 30%)² благоприятно влияет на образование патины, в то время как мышьяковистые соединения в бронзе ухудшают патинирование.

Хорошей статуарной бронзой для образования патины является бронза следующего состава (в %):

Медь	73—90
Олово	8—4
Цинк	17—3
Свинец	2—3

Получение красивой патины зависит также от техники литья. Наиболее красивая патина получается на бронзовых скульптурах, отлитых по восковой модели, что подтверждается наличием красивых патины на античных бронзах и бронзах Древней Руси.

¹ С. Кемери. Мои прогулки с Анатоном Франсом, 1928, стр. 194.

² Памятники, поставленные Минину и Пожарскому и Петру I (Фальконе), были отлиты из колокольной бронзы с «малой примесью цинка и свинца».

На бронзах, отлитых в земляных формах, получить патину приятных оттенков значительно труднее.

Считают, что хорошо отполированная поверхность бронз лучше воспринимает патину и в условиях атмосферного воздуха она менее подвержена образованию пятен, почернению или иным дефектам.

Бронзы, употреблявшиеся в Древней Руси, были подобны византийским и корсунским: они содержали 8—10% олова. Позднее бронзовые отливки в Древней Руси производились из так называемой «спруды» (сплав меди, олова и цинка). Этот сплав был распространен в XII—XIV вв. Впоследствии (в XV—XVII вв.) на Руси применялись отливки из красной меди, а с XVIII в. начали окончательно внедряться сплавы латуни (медь с цинком) (65).

С середины и до конца XIX в. в России преобладали отливки статуарной бронзы с цинковой лигатурой (не более 5%); такая бронза называлась «сукрасной». Из нее было отлито большинство шедевров русской скульптуры, памятники: Пушкину (в Ленинграде, Одессе, Екатеринославе и Астафьеве под Москвой); Глинке (в Ленинграде¹ и Смоленске); Серову (в Ленинграде); Некрасову (в Ленинграде и Ярославле); Тургеневу (в Ленинграде); Крузенштерну (в Ленинграде); Боткину (в Ленинграде); Петру Великому (в Ленинграде и селе Сорочинцах); Лермонтову (в Пятигорске и Пензе); Айвазовскому (в Феодосии); Багратиону (в Польше); Ермаку (в Новочеркасске) и многие другие, всего до 70 монументальных скульптур.

Бронзы с повышенным содержанием цинка (до 40%), применение которых было распространено в Западной Европе, являлись совершенно непригодными для статуарного литья ни с точки зрения возможности патинирования, ни в смысле стойкости в условиях резких температурных изменений, вызывающих в металле трещины и деформации. В настоящее время по ГОСТ 4016—48 выпускаются бронзы для художественного литья трех марок: БХ-1 (цинка 5—8%, олова 4—7%), БХ-2 (цинка 8—13%, олова 1—5%) и БХ-3 (цинка 25—35%, олова 0,5—3%). Остальные компоненты — медь и свинец.

Техника нанесения патины посредством применения растворов

Патину можно наносить химическим и электрохимическим способом. Электрохимический способ дает возможность получать патину, близкую по составу и виду к природной, но нанесение патины этим способом на большую скульптуру затруднено громоздкостью и значительным весом скульптуры, а также необходимостью установки для нее ванн больших габаритов. Кроме того, электрохимически патину трудно равномерно распределить на сложнопрофилирован-

¹ Памятник Глинке в связи с сильным позеленением был перепатинирован в 1935 и в 1944 гг.

ной скульптуре. Поэтому подобную скульптуру обычно патинируют вручную — кистью, тампоном, щеткой и т. п., а при больших поверхностях — пульверизатором.

Электрохимическое патинирование. Для примера приводим несколько растворов электрохимического патинирования:

Сернокислая медь	50 г/л
Хлористый аммоний	28 г/л
Хлористый натрий	14 г/л
Уксусная кислота	12 г/л
Хлористый цинк	6 г/л
Глицерин	6 г/л

Катодом является патинируемая скульптура (анод медный). Катодная плотность тока 0,3—0,5 а/дм². Электролиз ведут в течение 5—10 мин; на бронзе образуется белый осадок основной соли меди, которая при высушивании становится зеленой. После того как скульптура просохнет и патина позеленеет, скульптуру погружают в воду и вновь просушивают. Через несколько дней пребывания на воздухе патина темнеет. После этого скульптуру покрывают лаком.

Для получения оливкового оттенка покрытия рекомендуется электролит следующего состава:

Сернокислая медь	60 г/л	Комплексная цианистая соль в пересчете на сернокислую медь и сернокислый цинк
Сернокислый цинк	45 г/л	
Молибденовокислый аммоний	30 г/л	
Цианистый калий свободный	6—8 г/л	
Кислый сернистокислый натрий (30%-ный)	15 мл/л	

Катодная плотность тока 0,2—0,4 а/дм²; температура комнатная. Приготовление электролита производят следующим способом.

Молибденовокислый аммоний обрабатывают раствором цианистого калия. Сернокислые соли меди и цинка переводят в углекислые и растворяют цианистым калием (под тягой) и раствором молибденовокислого аммония в цианистом калии с таким расчетом, чтобы количество свободного цианистого калия не превышало 6—8 г/л электролита.

В окончательно приготовленный электролит прибавляется 10—15 мл 30-процентного раствора кислого сернистокислого натрия¹. Полученное в этом электролите покрытие хорошо держится на металле, выдерживает изгиб и растрескивается только при ударе.

Для электрохимического патинирования бронзовых, латунных и медных изделий применяют ванну следующего состава:

Мышьяковистый ангидрид	50 г/л
Цианистый калий	13 г/л
Едкий калий	50 г/л

¹ Во избежание выделения ядовитого цианида и экономии цианистого калия рекомендуется при приготовлении электролита двухвалентную медь восстанавливать в одновалентную сернистокислым натрием.

Напряжение 2—4 в; катодная плотность тока 0,3—1 а/дм²; температура комнатная. Анодами служат пластины из нержавеющей стали.

По другому способу скульптуры обрабатывают электролитически в 4-процентном растворе бикарбоната натрия. Катод железный; анодная плотность тока 16 а/дм².

Применяется также электролит, состоящий из 10-процентного раствора сульфата магния, 2-процентного раствора гидрата окиси магния и 2-процентного раствора бромистого калия. Аноды железные или угольные; плотность тока 4 а/дм², температура электролита 95°; продолжительность обработки 15 мин.

По одному из способов патину получают электрохимическим путем на меди и медных сплавах в щелочном электролите, например в водном растворе карбоната натрия с сульфатом натрия, бисульфатом натрия, или в комбинации указанных соединений, а также в сернистом газе. Для получения электролита предварительно сернистый газ пропускают через воду, после чего в воду добавляют соответствующее количество бикарбоната натрия.

Для составления электролита рекомендуется брать сернистый газ и 30—60 г/л двууглекислой соды (соды должно быть в четыре-пять раз больше концентрации сернистого газа). Напряжение 10—30 в, плотность тока 2 а/дм²; продолжительность процесса 1—2 мин; аноды — медные.

Цвет патины зависит от соотношения количества сернистого газа и бикарбоната натрия. Высокая концентрация сернистого газа дает возможность получать отложения с хорошей адгезией. Для создания прочного и равномерного по цвету слоя патины необходимо тщательное обезжиривание поверхности металла.

Травление при отсутствии грубых окислов не обязательно, так как оксидные пленки на металле способствуют образованию патины.

Химическое патинирование. Первый слой патинирующего раствора должен быть очень тонким и ровным. Следует избегать образования капель и пузырьков, легко появляющихся при нанесении жидкости пульверизатором. В случае образования при патинировании подтеков, капель и других дефектов их необходимо удалять кистью или смывать водой.

Для патинирования следует употреблять растворы малой концентрации, так как они дают более прочную патину, чем концентрированные растворы. Это особенно важно при нанесении патины большой толщины.

Для ускорения патинирования раствор можно слегка подогреть, особенно в зимнее время. Сильного нагрева патинирующих растворов следует избегать, так как патина, наносимая горячим раствором, приобретает коричневатый и даже черный цвет.

Слой такого цвета допустимо наносить как подслоем перед нанесением второго слоя патины. При двухслойном способе патинирования получается наиболее прочное покрытие. Подслой, просвечивающий сквозь верхний слой покрытия, придает патине более ес-

тественный цвет. Аналогичное просвечивание подслоя темного или коричневого цвета обычно наблюдается у естественной патины.

Для получения подслоя обработку поверхности рекомендуется производить 20-процентным раствором азотнокислой меди, после чего поверхность приобретает темный цвет. Скульптуру следует сильно прогреть. Прогрев обычно производят над жаровней с древесным углем, коксом и пр.

Исследования показали, что наиболее пригодными слоями для создания «античной патины» на бронзе, латуни и меди являются хлористый аммоний, азотнокислая медь (при работе с которой обязательно требуется подогрев), среднеуксусноукислая соль меди, уксусная кислота и аммиак.

Хорошие результаты дает применение солей аммония, которые обладают способностью хорошо смачивать поверхность металла, в особенности при добавлении аммиака. Азотнокислый аммоний можно наносить как первый слой, на нем хорошо держатся последующие слои патины.

Лучше всего использовать азотнокислую медь с добавлением спирта (для улучшения смачиваемости металла), раствор аммиака с азотнокислой медью или уксусной кислотой, а также хлористый и углекислый аммоний.

Для получения патины основным компонентом является азотнокислая медь. Для получения хлоридно-карбонатной патины растворы должны содержать 50—250 г хлористого аммония и 100—250 г углекислого аммония на 1 л воды; для получения сульфатной патины применяется раствор серноукислой или азотнокислой меди с добавлением незначительного количества аммиака; для получения патины, состоящей из хлористо-уксусноукислых солей, пригоден раствор следующего состава:

Хлористый аммоний	64 г
Среднеуксусноукислая соль меди	132 г
Уксусная кислота (5%-ная) . . .	1 л

Применяются также растворы, содержащие олеиновую кислоту; они дают стойкие и красивые патины. В этом случае скульптуру предварительно покрывают слоем хлористого аммония, затем наносят на ее поверхность ледяную уксусную кислоту и раствор азотнокислой меди с олеиновой кислотой, повторяя это несколько раз.

Для масляного патинирования применяют состав:

Олеиновая кислота	20 г/л
Хлористый натрий	17 г/л
Едкий натрий	7 г/л
Сульфат натрия	5 л

По другому способу для получения прочного слоя патины бронзу рекомендуется покрывать в течение двух-трех недель смесью из 5 частей костного жира и 1 части ледяной уксусной кислоты. Образующийся слой снимается ватным тампоном, затем пульверизатором или щеткой наносится раствор уксусной кислоты или углекислого аммония.

При двухслойном способе патинирования бронзовую скульптуру покрывают в два приема растворами № 1 и № 2.

Раствор № 1

Азотнокислая медь	60 г/л
Хлористый натрий	20 г/л

После того как скульптура просохнет, наносят раствор № 2.

Раствор № 2

Хлористый аммоний	50 г/л
Кислый щавелевокислый калий	10 г/л

Раствор № 2 наносят несколько раз. Убедившись в том, что нанесенный слой просох, поверхность металла очищают щеткой и вновь покрывают раствором.

Для получения серо-зеленой патины применяют раствор следующего состава:

Серная печень ¹	50 г/л
Хлористый аммоний	74 г/л
Уксуснокислая соль железа	50 г/л
Углекислый аммоний	60 г/л
Уксусная кислота (5 %-ная)	35 г/л

При замене в этом рецепте уксуснокислой соли железа уксуснокислой солью меди получается черно-зеленая патина. При добавлении к раствору мышьяковистой меди (очень ядовитой) можно получить темно-серый оттенок патины.

Для нанесения на патинированную скульптуру отдельных зеленых пятен, что бывает иногда необходимо (например, в углублениях поверхности скульптуры), применяют быстродействующий раствор:

Углекислый аммоний	250 г/л
Хлористый аммоний	250 л

Этот раствор не снимает основного слоя тонировки и не оказывает на него отрицательного влияния.

Тон зеленых пятен зависит от изменения количественных соотношений между составными частями раствора; они могут быть синезелеными (влияние углекислого аммония) или желто-зелеными (влияние хлористого аммония).

Сине-зеленый цвет, подобный цвету малахита, получается в результате применения раствора следующего состава:

Хлористый аммоний	40 г/л
Виннокислый калий	120 г/л
Хлористый натрий	160 г/л
Азотнокислая медь	200 г/л

¹ О приготовлении серной печени см. стр. 109 и 173.

Зеленый цвет патины с желтовато-коричневым оттенком дает раствор:

Виннокислая медь	10 г
Хлористый аммоний	10 г
Уксусная кислота (5%-ная)	1 л

Этот раствор наносится с некоторыми затруднениями, так как второй слой раствора разрушает первый слой.

Очень хорошие результаты дают следующие растворы:

1. Хлористый кальций	34 г/л
Азотнокислая медь	120 г/л
2. Сернокислая медь	60 г/л
Хлористый аммоний	20 г/л
3. Азотнокислая медь	25 г/л
Аммиак (25%-ный)	50 г/л
Уксусная кислота (5%-ная)	10 г/л
Хлористый аммоний	25 г/л

Последний раствор готовят следующим образом: азотнокислую медь растворяют в 25 г воды, затем добавляют аммиак, пока образующийся осадок вновь не растворится, после чего вводят уксусную кислоту и хлористый аммоний.

Раствор наносят на патинируемую поверхность несколько раз.

Для обработки больших скульптур, а также для реставрации патины на их отдельных участках рекомендуется паста, которая после нанесения на скульптуру подвергается прогреву.

	Состав 1-й	Состав 2-й
	(в г)	
Хромовый ангидрид	188	188
Аммиак концентрированный	200	260
Уксуснокислый свинец	260	260
Уксусная кислота (90%-ная)	100	100
Окись хрома	—	100
Графит (вводится для уменьшения комкования пасты)	100	200
Вода	1092	1092

Патинирование бронзовых скульптур способом погружения в ванну менее удобно, так как бронзовые скульптуры обычно имеют большой вес и значительные размеры. Обработку приходится производить в громоздких ваннах, при этом требуются специальные транспортные средства и подъемные приспособления.

Только небольшую настольную скульптуру удобно патинировать погружением.

Для нанесения этим способом патины на бронзовые, латунные или латунированные художественные изделия применяют следующий раствор:

Хлористый аммоний	10 г/л
Медный купорос	10 г/л

На первый слой наносят второй раствор, который дает окрашивание:

Перекись водорода (30%-ная)	0,5 г/л
Поваренная соль	5,0 г/л
Уксусная кислота (90%-ная)	5,0 г/л

Растворы применяют нагретыми до температуры 60—70°. Погрузив изделие в первый раствор, выдерживают его там некоторое время, затем промывают изделие водой и погружают во вторую ванну. Окрашенные изделия крацуют и затем снова погружают в раствор.

По другому способу зеленую патину на бронзе и латуни получают погружением изделий в следующий раствор:

Серноватистокислый натрий	50 г/л
Азотнокислое железо	12,5 г/л

Раствор нагревают до 80—90°.

Патина может быть получена также в том случае, если бронзовые или латунные изделия засыпать опилками, смоченными одним из следующих растворов:

1. Сернокислая медь	20 г/л
Хлористый кальций	100 г/л
2. Хлористый аммоний	880 г
Хлористый натрий	320 г
Кислый виннокислый калий	320 г
Уксуснокислая медь	320 г
Уксусная кислота (5%-ная)	1 л
Вода	3 л

Изделия выдерживают в опилках от 3 до 5 час при температуре 25°.

Кроме приведенных выше рецептов для патинирования применяют ряд других рецептов.

Патинирование углекислым газом. Подготовленную скульптуру помещают в камеру, которую наполняют углекислым газом. Температура камеры поддерживается в пределах 35—40°. При этом скульптура несколько раз в день смачивается раствором уксусной кислоты (уд. вес 1,04) в 330 г/л воды.

Через несколько дней на поверхности скульптуры образуется слой основной уксусной меди, которая под действием углекислоты постепенно переходит в прочно держащуюся основную углекислотную медь. Чем слабее раствор уксусной кислоты, тем медленнее образуется патина. Лучшие результаты получаются через 8—10 дней.

Патинирование в автоклаве. Оригинальным способом декоративной отделки скульптур и художественных изделий из бронзы, латуни и меди является патинирование и оксидирование их в автоклаве в присутствии веществ, выделяющих аммиак или аммиак и углекислоту (66).

Этот способ дает возможность получать прочные патины, более стойкие в атмосферных условиях, чем патины, нанесенные обычным методом.

Возможность применения такого способа ограничена размерами автоклавов, поэтому его можно применять только для малогабаритной настольной скульптуры, мелких деталей осветительной арматуры, медальерной скульптуры и т. п.

Скульптура подвешивается в автоклаве с введенным в него раствором углекислого аммония (в 250 г/л воды).

Автоклав нагревают до температуры 100° в течение 3—15 мин при возрастающем давлении от 3 до 20 кг/см².

В результате обработки скульптура покрывается красивой и прочной патиной.

Помимо указанного выше раствора, в автоклав можно загружать сухой углекислый аммоний или другие вещества, выделяющие аммиак.

Оксидирование скульптуры

Медь легко оксидируется и окрашивается химическим и электрохимическим способами, при этом оксидная пленка может принять самую разнообразную окраску.

Медные пленки, нанесенные на изделия из кислой или цианистой ванны, при окрашивании ведут себя по-разному. Наилучшие результаты получаются при окрашивании меди, нанесенной на изделие из цианистого электролита.

Сплавы меди, содержащие легирующие металлы, окрашиваются труднее, чем чистая медь.

Так, например, бронзы с большим содержанием олова, защищающие медь от окисления, труднее поддаются окрашиванию. Еще хуже окрашиваются специальные бронзовые сплавы с присадками никеля, хрома и пр. Бронзы с незначительным содержанием цинка хорошо воспринимают окрашивание, но большое количество цинка (от 20% и выше) чрезвычайно затрудняет процесс, причем скульптура приобретает неприятный серый цвет.

Сернистые соединения, легко воздействующие на медь и ее сплавы, наиболее часто применяются для отделки медной скульптуры. Особенно широко используются сернистый аммоний, сернистый натрий и серная печень, а также смеси полисульфидов (см. гл. XII «Отделка художественных изделий серебром»).

Для получения более темных и черных с синеватым отливом тонов применяют сернистый аммоний. Следует указать, что при крацевании поверхности скульптуры латунной щеткой черный оксидный слой, полученный при обработке в сернистом аммонии, снимается, благодаря чему медь приобретает каштаново-коричневую окраску.

Серную печень применяют главным образом для декоративной отделки оловянистой бронзы, томпака¹, а также омедненных и ла-

¹ Томпак — латунь с большим содержанием меди, до 80%.

тунированных изделий. К серной печени рекомендуется добавлять селенистую кислоту, что дает возможность получать равномерную и плотную пленку.

На меди, томпаке и бронзе серная печень образует оксидные пленки красного цвета с различными оттенками; на латуни окраска получается зеленовато-коричневой. В зависимости от времени пребывания латуни в растворе серной печени, а также от последующей протирки ее порошком пемзы получают более светлые или темные коричневые тона.

Художественные изделия и скульптуру небольших размеров можно оксидировать погружением их в раствор серной печени 10 г/л воды. На большую тяжелую скульптуру раствор серной печени наносят пульверизатором или при помощи тампонов и капроновых щеток; можно просто поливать их раствором.

Оксидирование производят при температуре 80°.

После воздействия серной печени в течение 1—2 мин медь окрашивается в коричневый цвет, а после четырехминутного воздействия — в черный цвет с синим отливом. После промывки в воде скульптуру сушат в горячих опилках¹, затем протирают выпуклые части скульптуры пемзой или песком.

На латуни и томпаке можно получить зеленовато-коричневую, темно-коричневую и красновато-коричневую окраску, если изделия из этих металлов погружать поочередно в раствор серной печени и в раствор следующего состава: серная кислота 2—3 г/л, медный купорос 20—25 г/л.

Для окрашивания латуни, содержащей 62—68% меди, в черный цвет обычно применяют медноаммиачный раствор следующего состава: аммиак (25%-ный) 200 г/л; углекислая медь 40—200 г/л; температура раствора 15—25°.

Предварительно латунное изделие следует обработать в растворе двухромовокислого калия (70 г/л) и серной кислоты (40 г/л) в течение 15—20 мин при температуре 15—25° и затем декапировать в 5-процентном растворе серной кислоты.

Для оксидирования меди и медных сплавов можно рекомендовать следующие растворы:

1. Серный калий	6 г/л
Хлористый аммоний	20 г/л
2. Серная печень	20—25 г/л
3. Сернистый калий	2 г/л
Хлористый натрий	2 г/л

Сернистый калий может быть заменен сернистым натрием, сернистым кальцием, сернистым барием и сернистым аммонием.

Могут быть использованы также следующие растворы:

1. Кристаллический сернистый натрий	600 г/л
Серный цвет	80 г/л
2. Сернистый калий	20 г/л
Хлористый аммоний	4 г/л

¹ Следует применять опилки лиственных деревьев.

Раствор наносят на медь тампоном или капроновой кистью.

Нанесенный тонкий и равномерный слой раствора оставляют на поверхности скульптуры на 0,5—1 час, после чего крацуют поверхность мягкой латунной щеткой, а затем снова повторяют обработку. Для получения коричневого цвета на латуни применяют 2-процентный раствор сернистого бария.

Сернистый аммоний обычно употребляют в виде паров, применяя аппарат типа турбофена.

При смачивании меди и медных покрытий сернистым аммонием нанесенный оксидный слой становится черным. Для получения коричневых и каштановых тонов производят, как уже указывалось, крацевание мягкой латунной щеткой, снимающей черный слой оксидной пленки.

При газовом тонировании металла взамен паров сернистого аммония применяют также пары сероводорода. Процесс нанесения оксидных пленок газовым способом следует вести быстро. Чрезмерно утолщенная пленка может оказаться непрочной.

Концентрированные растворы также дают в большинстве непрочные оксидные пленки.

Газовый метод нанесения оксидных пленок особенно рекомендуется для грунтовки бронзовой скульптуры перед патинированием; это дает возможность создавать прочную патину.

Для получения черного цвета при окрашивании сернистыми соединениями изделие предварительно амальгамируют в слабом растворе азотнокислой закиси ртути (10 г/л) с добавлением нескольких капель азотной кислоты.

По другому способу для окашивания скульптуры и художественных изделий применяют пятисернистую сурьму (50 г/л). Этот раствор дает на меди пленку шоколадного цвета. Более светлые коричневые тона получаются на бронзе и латуни. Пятисернистую сурьму рекомендуется применять для большой скульптуры, которую невозможно тонировать погружением. Для нанесения раствора можно пользоваться кистью, тампоном или пульверизатором.

Существенное преимущество раствора пятисернистой сурьмы заключается в том, что она не имеет неприятного запаха, выделяемого, например, серной печенью или особенно сернистым аммонием. Кроме того, ее можно употреблять в холодном состоянии.

Коричневые тона на бронзе и латуни дает следующий раствор:

Трехсернистый мышьяк	60 г
Сернистый аммоний	10—20 г
Аммиак (25%-ный)	1 л

Трехсернистый мышьяк растворяют в аммиаке, раствор тщательно перемешивают. Затем к раствору добавляют сернистый аммоний до легкого помутнения раствора и окрашивания жидкости в желтый цвет. Раствор перед употреблением подогревают до температуры 35—40°.

Изделия погружают в этот раствор, затем промывают в воде и крацуют.

Для получения коричневых тонов применяют также следующий раствор:

Пятисернистая сурьма	30 г
Окись железа	10 г
Сернистый аммоний или аммиак (25%-ный)	100 г

Кашицей смазывают тонируемую скульптуру, после чего скульптура сохнет 15—20 час; высохшую скульптуру чистят щеткой. Этот способ можно применять также для тонирования бронзовых люстр, бра и других осветительных приборов, как литых из бронзы, так и латунированных или покрытых бронзой.

По другому способу на поверхность скульптуры, бронзового или латунного изделия наносят следующий тонирующий раствор:

Серникозлая медь	20 г/л
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	20 см ³

Спустя некоторое время после нанесения раствора скульптуру промывают в воде и досуха вытирают, после чего обрабатывают парами сернистого аммония (обычно воздух продувают через 20—25-процентный раствор сернистого аммония) или турбофеном.

Чтобы скульптура обволакивалась парами равномерно, при продувании не следует подводить к ней слишком близко сопло газового распылителя. Газовое тонирование следует вести в вытяжном шкафу.

В практике декоративной отделки широко распространен способ окрашивания латунных изделий в черный цвет посредством аммиачных растворов. Такой раствор, например, состоит из 50 г основной углекислой меди и 1 л 25-процентного аммиака.

Окрашивание можно производить при комнатной температуре. Этот способ применим только к латуням марок Л-62, Л-68 или ЛС-59.

Все остальные латунные сплавы не поддаются чернению по этому способу.

Поэтому другие марки латуни перед окраской обычно покрывают слоем меди.

Наиболее просто осуществляется тонирование меди в черный цвет смачиванием изделия концентрированным раствором сернистого аммония. Кроме того, его можно производить посредством образования на поверхности меди окисных химических и электрохимических соединений.

Рецепты черных тонирующих растворов для меди:

Азотнокислая медь	10 г/л
Азотнокислое серебро	0,75—1 г/л

Азотнокислое серебро прибавляют в том случае, когда необходимо получить более глубокий черный тон.

Могут быть взяты и другие компоненты, например:

а) Азотнокислая окись меди	300 г/л
б) Азотнокислое серебро	25 г/л
Спирт 95°	100 мл

К раствору *a* добавляют раствор *b* для получения интенсивно черной окраски.

Для черного окрашивания меди, бронзы и бронзовых сплавов применяют и другие составы, например:

Едкий натрий	50 г/л
Персульфат калия	7,5 г/л

Раствор едкого натрия нагревают в стеклянном, фарфоровом или эмалированном сосуде, затем вводят в него персульфат калия. Для окрашивания изделия его погружают в раствор и непрерывно передвигают в растворе. При оксидировании выделяются пузырьки кислорода, по прекращении выделения которых в раствор добавляют персульфат калия.

В зависимости от температуры раствора могут получаться различные тона окрашивания. При температуре 90—100° получается требуемый черный цвет, но при более низких температурах, например, при 70°, цвет получается бурый с желтым, синим или зеленым отливом.

Для электрохимического тонирования меди в черный цвет можно рекомендовать концентрированный раствор едкого натра.

Черный оксидный слой на изделии, завешенном на аноде, получается в результате взаимодействия кислорода, выделяющегося на аноде, с металлом изделия.

Подвеска делается из того же металла, что и изделие. Контакт изделия с подвеской должен быть надежным, так как образующаяся оксидная пленка отличается высоким омическим сопротивлением. При недостаточно плотном контакте понижение силы тока может привести к образованию дефектных оксидных пленок или получению недостаточно интенсивного черного тона и пр.

Брак оксидной пленки может возникнуть также вследствие небрежной подготовки поверхности изделия перед оксидированием. После монтажа на подвеске изделия обезжиривают, травят и тщательно промывают в воде; полированные изделия после обезжиривания подвергаются декапированию.

Тщательно промытые изделия после соответствующей подготовки загружаются в раствор едкого натрия 100—250 г/л.

Ванна железная, сварная, должна быть снабжена бортовым отсосом для улавливания вредных выделений, образующихся в процессе анодирования. Норма отсоса воздуха 60—70 м³/мин с 1 м² поверхности раствора. Ванна должна иметь электроподогреватель.

Температура электролита поддерживается в 100°; напряжение (на клеммах ванны) 2—6 в; длительность оксидирования — 10 мин.

Первые 5 мин процесс ведется при анодной плотности тока от 2—5 а/дм², вторые 5 мин — при анодной плотности тока от 5—10 а/дм².

Катодом служит нержавеющая сталь; отношение площади катода к площади анода 8 : 1; расстояние между электродами 35—100 мм.

Приготовленный электролит предварительно прорабатывается

током до окрашивания в голубой цвет. Для проработки применяют медный анод, который периодически промывают и протравливают в 20-процентном растворе соляной кислоты.

В процессе анодного оксидирования на катоде (нержавеющей стали) образуется губчатый осадок, который, во избежание загрязнения электролита, периодически удаляют промывкой в воде.

Готовые изделия после тщательной промывки в горячей воде сушат в сушильном шкафу при температуре 110—120°. Оксидированные изделия должны иметь глубокий черный цвет бархата. Приводим еще рецепт электролита для оксидирования меди и медных сплавов в черный цвет:

Едкий натрий	120 г/л
Окись свинца	30 г/л

Анодная плотность тока 0,8 a/dm^2 ; выдержка 1—1,5 час.

Полученное покрытие обладает значительной коррозионной стойкостью.

Декоративная отделка черным никелем. Черное никелирование применяют для декоративной отделки, обеспечивающей более высокую коррозионную стойкость, чем оксидные пленки. Перед нанесением черного никеля для более прочного сцепления предварительно наносят подслои обычно белого никеля, а затем в специальной ванне ведут процесс черного никелирования.

Черный никель можно получить, например, в электролите следующего состава:

Сернистый никель	75 г/л
Двойная соль сернистого никель-аммония	45 г/л
Сернистый цинк	40 г/л
Роданистый аммоний	15 г/л
Борная кислота	25 г/л

Режим электролиза: температура 45—55°; плотность тока 0,2—1,3 a/dm^2 ; кислотность электролита pH 4,5—5,5 (регулирование кислотности имеет большое значение для работы ванны). Аноды — никелевые. При осаждении черного никеля процесс ведут с постепенным увеличением плотности тока от 0,2 до 1,3 a/dm^2 .

Для получения серого тона никелевого покрытия процесс ведут при малых плотностях тока порядка 0,02—0,36 a/dm^2 . Для получения блестящих декоративных покрытий изделия предварительно полуют.

Цветные оксидные пленки на никелевом покрытии получают термической обработкой, благодаря чему на изделии последовательно образуются цвета побежалости. Так, например, золотистый цвет образуется при температуре 400° и времени выдержки 1 час 30 мин; то же наблюдается и при обработке нержавеющей сталей, имеющих значительные присадки никеля.

По другому способу никелированные изделия предварительно обрабатывают органическими кислотами (молочной, уксусной, лимонной и т. п.), после чего изделия нагревают в печи при 700—900° от 30 мин до 2 час и обдувают воздухом.

Получение золотистых тонов на латуни. Золотистые оксидные пленки на латуни и бронзе можно получить при помощи различных растворов. Наиболее простым является раствор, содержащий 0,01—0,02% сернистого аммония.

Золотистый тон на бронзе и латуни можно получить также обработкой в растворе сернистой и уксусной меди, а также в щелочном растворе:

Едкий натрий	150 г/л
Углекислая медь	50 г/л

Раствор нагревают до температуры 40—50°.

Для пассивирования золотистых тонов латуни после ее полирования и соответствующей подготовки изделия обрабатывают в растворе, дающем тонкую, прозрачную оксидную пленку. Применяют раствор следующего состава:

Двухромовокислый калий	150 г/л
Двухромовокислый натрий	150 г/л
Серная кислота (уд. вес 1,84)	50—100 мл/л

Температура раствора 15—25°; время выдержки в растворе 25—30 сек.

Окрашивание меди в яркие цвета

Окрашивание меди в яркие цвета производят двумя способами: химическим и электрохимическим. Эти методы обработки позволяют получать широкую гамму цветов на меди и медных гальванических покрытиях.

Тонкие прозрачные пленки в зависимости от толщины слоя имеют различные цвета: цвета побежалости на металлах, цвета мыльных пузырей, цвета тончайшего слоя бензина на поверхности воды и т. п. Толщина указанных цветных пленок составляет сотые и десятые доли микрона.

Цвет тонких пленок обусловлен явлениями интерференции света, падающего на пленку и отражающегося как от верхней, так и от нижней поверхности пленок; благодаря различной скорости прохождения света в воздухе и в пленке вследствие интерференции света отраженный луч может усиливаться или затухать. Когда на пленку падает сложный белый световой луч, часть окрашенных лучей, составляющих белый луч, усиливается, другая часть затухает, в результате чего пленка получает в зависимости от ее толщины тот или иной цвет.

Химическое окрашивание. Ванна для декоративной отделки меди и омедненных изделий в яркие цвета содержит:

Гипосульфит	125 г/л
Уксуснокислый свинец	40 г/л

При составлении ванны каждый компонент растворяют отдельно и смешивают перед самым употреблением.

Изделия, смонтированные на проволоке, погружают в ванну, слегка передвигая их в растворе до тех пор, пока не получится цвет, затем быстро промывают в воде. В процессе окрашивания осаждается сернистый свинец.

Этот раствор в кипящем состоянии дает в первые несколько секунд золотистое окрашивание, затем (через 0,5 мин) окраска изменяется и переходит в синий цвет.

Для получения синего цвета следует поддерживать температуру раствора 60°, а для получения золотистого цвета 35—40°.

Цвета появляются последовательно. Так, в растворе гипосульфита в присутствии мышьяковистого натрия окраска изделий меняется в следующей последовательности.

Окраска меди

Оранжевая
Желто-красная
Светло-красная
Коричнево-красная
Зеленовато-фиолетовая

Окраска латуни

Золотисто-желтая
Лимонно-желтая
Оранжевая
Желто-красная
Оливково-зеленая

Окрашивание изделий из латуни может производиться в растворе едкого калия, сегнетовой соли, серноокислой меди. Для придания золотистого оттенка изделия можно обрабатывать в 15-процентном растворе серной кислоты.

Раствор составляют следующим образом: все три компонента в отдельности растворяют в воде, затем раствор едкого калия смешивают с раствором сегнетовой соли и, наконец, в раствор вводят серноокислую медь. Температура раствора должна быть не ниже 18—20°.

Электрохимическое окрашивание поверхностей художественных изделий в различные цвета производят путем нанесения тончайшей пленки закиси меди на катоде (изделие) из водных растворов органических соединений меди. Этот способ позволяет производить окрашивание в различные яркие цвета в зависимости от режима обработки изделий. Электролиз при окрашивании изделий происходит при очень низких плотностях тока (см. табл. 9).

Существенным фактором для получения качественного, равномерного цвета является предварительная подготовка поверхности изделия. Равномерную окраску трудно получить на слишком тонкой пленке. Для того чтобы избежать неравномерности интерферирующего оттенка, возникающей вследствие различной светопоглощательной способности поверхности металла, рекомендуется применять предварительное гальваническое нанесение подслоя из меди. Кроме того, рекомендуется полирование, крацевание или пескоструйная обработка.

Различные оттенки пленки могут быть получены не только вследствие структурной неравномерности металла, но и в связи с посторонними включениями в основной металл.

Различные способы механической обработки поверхности металла также влияют на оттенки пленки.

Видоизменение цвета пленки, зависящее от времени выдержки изделия в электролите, может быть представлено в виде следующих двух циклов:

Таблица 9

Первый цикл

Цвет	Оранжевый	Красный	Пурпурный	Синий	Светло-зеленый
Секунды	20	40	60	80	110

Второй цикл

Цвет	Желтый	Золотистый	Розовый, красный	Пурпурный, синий	Темно-зеленый
Секунды	140	170	200	230	260

С каждым последующим циклом на интерферирующие цвета все большее влияние оказывает собственный цвет окисла меди. После девяти циклов глаз перестает улавливать изменение интерферирующих цветов. Окисное покрытие начинает приобретать густо-красный цвет (в то же время переливающийся всеми цветами), который уже больше не подвергается циклическим изменениям.

В промежуточные отрезки времени (30 сек, 70 сек, 190 сек и т. д.) можно получить цвета самых разнообразных оттенков, образующихся в результате смешения соседних цветов.

Для получения тонких окисных цветных пленок наиболее удобными являются растворы, дающие образование закиси меди с умеренной скоростью.

Для того чтобы получить такой раствор, следует проследить скорость смены цветов на катоде. Если скорость образования закиси меди на катоде слишком велика для того, чтобы можно было остановить процесс сразу по получению нужного цвета, рост пленки можно задержать, например, снижением щелочности раствора, понижением температуры, разбавлением раствора или комбинацией этих приемов.

Для цветного электрохимического окрашивания существуют разнообразные электролиты, состоящие в большинстве случаев из органических соединений:

1. Сернистокислая медь 100 г/л
- Молочная кислота 150 г/л
- Едкий натрий 112 г/л
2. Сернокислая медь 100 г/л
- Лимонная кислота 355 г/л
- Едкий натрий 246 г/л
3. Сернокислая медь 100 г/л
- Гликолевая кислота 128 г/л
- Едкий натрий 112 г/л

4. Сернокислая медь	100 г/л
Виннокислый калий	125 г/л
Едкий натрий	35 г/л
5. Сернокислая медь	24 г/л
Салициловая кислота	56 г/л
Едкий натрий	42 г/л
6. Сернокислая медь	50 г/л
Тростниковый сахар	100 г/л
Едкий натрий	50 г/л
7. Сернокислая медь	100 г/л
Глицерин	125 см ³ /л
Едкий натрий	50 г/л
8. Сернокислая медь	100 г/л
Пирофосфорная кислота	275 г/л
9. Сернокислая медь	15 г/л
Едкий натрий	400 г/л
10. Сернокислая медь	15 г/л
Бура	150 г/л

Для вышеприведенных растворов принимаются режимы:

Таблица 10
Режимы окрашивания

№№ растворов	Температура растворов (°С)	Плотность тока (а/дм ²)
1	55	0,052
2	56	0,036
3	48	0,024
4	54	0,128
5	56	0,024
6	54	0,008
7	57	0,024
8	48	0,012
9	55	0,016
10	44	0,004

Электрохимическое окрашивание можно производить также в электролите следующего состава:

Сернокислая медь	60 г/л
Сахар рафинад	90 г/л
Едкий натрий	40 г/л

Раствор, содержащий сернокислую медь и сахар, следует вливать в раствор щелочи. Удельный вес раствора при 16°—1,10. Аноды — медные. Режим работы следующий: температура 25—40°; катодная плотность тока 0,01 а/дм². Изделия после погружения в ванну выдерживаются без тока в течение 1 мин.

По мере уменьшения объема электролита в раствор добавляется дистиллированная вода. Свежеприготовленный электролит может работать длительное время без корректирования, пока концентрация электролита не снизится до 67%, что можно определить измерением его удельного веса.

Для получения более блестящих поверхностей в электролит добавляют 20 г углекислого натрия. Однако электролит без углекислого натрия более стоек. Снятие цветного оксидного слоя производится в 5-процентном растворе аммиака. Для лучшего предохранения окрашенного слоя от коррозии и механических повреждений изделия рекомендуется покрывать прозрачным лаком (нитролаком, глифталевым, перхлорвиниловым и др.).

Существуют и другие составы электролитов. Так, например, следующий состав:

Сернокислая медь	110—115 г/л
Лимонная кислота	100—105 г/л
Едкий натрий	120—125 г/л

Температура комнатная; катодная плотность тока — от 0,08 а/дм² и выше.

По другому способу изделия из стали или имеющие медный подслоя окрашиваются в щелочной медной ванне такого состава:

Сернокислая медь	10—30 г/л
Едкий натрий	50—70 г/л
Глицерин	20—65 г/л
Хлористый натрий	1—4 г/л

Температура комнатная; катодная плотность тока 0,005—0,15 а/дм².

Существуют и другие составы электролитов для цветного окрашивания, например:

1. Молибдат аммония	10 г/л
Гипосульфит	10 г/л
2. Молибдат аммония	10 г/л
Аммиак (25 %-ный)	7 г/л
3. Гипосульфит	240 г/л
Уксуснокислый свинец	25 г/л
Виннокислый калий	30 г/л
4. Сернокислая медь	25 г/л
Сернокислый никель	25 г/л
Бертолетова соль	12 г/л
Перманганат калия	7 г/л

Для получения зеленой окраски со слабым оливковым оттенком предлагается электролит:

Сернокислая медь	60 г/л
Сернокислый цинк	45 г/л
Молибденовокислый аммоний	30 г/л
Кислый сернистокислый натрий (30%-ный)	10—15 г/л
Цианистый калий свободный	6—8 г/л

Температура электролита комнатная; напряжение не менее 1,5 в; катодная плотность тока 0,2—0,4 а/дм².

Электролит готовят следующим образом: молибденовокислый аммоний обрабатывают раствором цианистого калия. Сернокислые соли меди и цинка переводят в углекислые и растворяют цианистым калием и раствором молибденовокислого аммо-

ния в цианистом калии с таким расчетом, чтобы количество свободного цианистого калия не превышало 6—8 г/л электролита. В приготовленный электролит прибавляют 10—15 см³ 30-процентного раствора кислого сернистокислового натрия.

Практические приемы тонирования скульптуры и художественных изделий из металла

Каждый специалист по декоративной отделке обычно вырабатывает свои приемы тонирования скульптур и художественных изделий. Однако существуют общепринятые способы, которых следует придерживаться в части технологии оксидирования.

Подготовка скульптуры перед химической и электрохимической отделкой является обязательной операцией, от которой в значительной мере зависит успех тонирования.

Особое значение имеет предварительная пескоструйная обработка, которая во многих случаях применяется и после нанесения оксидного или металлического слоя.

Химическое воздействие соответствующими реагентами на поверхность металла, обуславливающее получение нужных цветов и светотеней, является наиболее сложным и ответственным процессом в декоративной отделке скульптуры и художественных изделий из металла.

Техника нанесения соответствующих реагентов на поверхность металла может быть различной. От нее зависят и различные результаты отделки.

Оксидирование можно производить химически — погружением¹, нанесением раствора кистью² или тампоном, обливанием, пульверизацией, газовым воздействием — или электрохимическим способом. При электрохимическом тонировании скульптуры решающими факторами получения качественного оксидного слоя являются: высококачественная подготовка поверхности металла, свежесть раствора и его температура. При газовом тонировании скульптура помещается в специальную камеру или газ подается к поверхности металла через турбофен.

Во всех указанных случаях нанесение растворов или газовое воздействие должно быть равномерным. При нанесении раствора кистью, тампоном или поливкой поверхность металла должна быть предварительно смочена водой во избежание подтеков раствора. При газовом тонировании поверхность металла должна быть, наоборот, сухой, так как пленка воды изолирует металл от газовой среды.

Во всех случаях оксидирующий раствор следует наносить тонким равномерным слоем, стремясь как можно быстрее покрыть поверхность металла. На скульптуру раствор наносят сверху вниз с целью перекрытия образующихся подтеков.

¹ Для малогабаритной скульптуры и художественных изделий.

² Щелочные соединения наносят кистью из капрона.

При тонировании больших поверхностей лучше всего применять пульверизацию, дающую возможность наносить раствор тонким равномерным слоем. Во многих случаях при тонировании больших поверхностей можно применять распылитель (типа краскопульта).

Тонирование следует производить при температурах не ниже 18—20°. Для поддержания соответствующей температуры, особенно в холодное время года, применяют жаровни с коксом или древесным углем, которые ставят вокруг скульптуры, небольшие изделия подогревают непосредственно на жаровнях. Для подогрева мелких изделий применяют электроплитки или термостаты.

Для сохранения полученной оксидной поверхности, в особенности тех изделий, которые находятся на открытом воздухе, можно рекомендовать покрытие их поверхности лаками, восками, маслами или другими веществами, изолирующими металл и оксидную пленку от внешней среды.

В зависимости от состава изоляционного вещества или смеси применяют и различные способы их нанесения.

Так, воск перед нанесением обычно растворяют в скипидаре и в горячем состоянии тонким слоем наносят на теплый металл, после чего втирают его в поверхность металла вращающейся круглой волосяной щеткой. При отсутствии круглой волосяной щетки втирание воска производят шерстяной тряпкой.

Применяя масла (обычно веретенное или льняное), их наносят кистью тонким слоем. При обработке маслом больших оксидированных поверхностей применяют пульверизацию; при обработке небольших скульптур, например медальерных работ, барельефов и т. п., масло наносят тампоном.

Оксидную пленку пропитывают горячей олифой, погружая в нее изделия. Такой способ дает наиболее благоприятные результаты.

Для защиты металлических покрытий от действия внешней среды можно применять прозрачные нитролаки и особенно глифталевые масляные лаки, а также полимеризующиеся клеи БФ-2¹ или эпоксидный лак, дающие наиболее прочную и стойкую защитную пленку.

Лаки и клеи для лучшего их проникновения в поры покрытия и устранения следов тампона следует наносить, так же как и олифу, на слегка подогретую поверхность металла.

Лаки или полимеризующиеся клеи наносят в растворенном виде.

¹ Бутварно-формальдегидный клей.

ОТДЕЛКА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗОЛОТОМ

Золото — единственный металл, обладающий устойчивым блестящим желтым цветом¹.

Мягко и в то же время выразительно моделируя формы художественных изделий, золото занимает значительное место в декоративной отделке металлов.

Нанесение золотых покрытий с последующей отделкой поверхности золота матированием или полированием дает самые разнообразные декоративные эффекты.

Золотое покрытие, блестящее или матовое, ярко-красное или бледно-желтое, с элементами черной тонировки² усиливает выразительность скульптурных форм.

Комбинация всевозможных золотых гальванических покрытий и получение различных сплавов золота за счет его легирования другими металлами значительно расширяют возможности применения декоративной отделки, обогащающей и облагораживающей художественные и ювелирные изделия.

Сплавы золота различных цветов. Соединяя золото с другими металлами, можно получать сплавы самых разнообразных цветов. Наиболее распространены сплавы золота с медью и серебром. Медь, введенная в золото, придает ему красный цвет, а серебро — зеленый. В зависимости от количества введенной лигатуры изменяется цвет и оттенок сплава. Таким образом, введением в сплав только этих двух металлов можно получить большую гамму цветов.

¹ Отражательная способность золота составляет 81,5% от падающего света.

² Полихромную декоративную отделку при золочении ввел известный французский бронзовщик Петр Филипп Томир (род. 1751), создавший славу французским бронзам. В работах Филиппа Томира (в основном настольная скульптура — канделябры, чернильные приборы, настольные часы и т. п.) доминировала матово-золотистая орнаментация с черной отделкой, обычно представляющая вьющиеся гирлянды, стебли, гроздья винограда, стрелы, развевающиеся ленты и пр.

Скульптор Гудон заказал Томиру изготовить в уменьшенном виде из золоченой бронзы свою знаменитую статую сидящего Вольтера и преподнес ее Екатерине II.

Так, вводя в золото лигатуру, состоящую из меди и серебра, для сплавов 750-й пробы можно получать цвета, указанные в таблице 11.

Таблица 11
Зависимость цвета золотых сплавов 750-й пробы
от состава лигатуры

Цвет	Содержание в сплаве (в %)	
	серебра	меди
Зеленый	25,0	0
Бледный зеленовато-желтый . . .	21,4	3,6
Бледно-желтый	16,7	8,3
Ярко-желтый	12,5	12,5
Бледно-красный	8,3	16,7
Оранжевый	3,6	21,4
Красный	0	25,0

Существует большое количество сплавов золота, дающих возможность получать весьма разнообразные цвета и оттенки.

Тонирование художественных изделий из золотых сплавов способом «открашивания»

Чистое золото не поддается непосредственно химическому тонированию, так как является одним из наиболее стойких металлов к воздействию кислот и щелочей. Для тонирования изделий из золотых сплавов применяют так называемый способ открашивания. Процесс открашивания состоит в том, что с поверхности золотого сплава удаляют растворением (травлением) медь, серебро или другие лигатуры, понижающие цветовую пробу и общий декоративный тон изделия.

Основные составы для открашивания золотых сплавов готовят из азотнокислых солей, соляной кислоты, поваренной соли и др.

Следует отметить, что «царская водка» (смесь соляной и азотной кислоты), например, непригодна для открашивания золота с серебряной лигатурой, так как, растворяясь, серебро образует пленку, препятствующую удалению лигатуры с поверхности изделия.

Существует много специальных травильных составов для придания изделиям из сплава золота различных оттенков. В ювелирной промышленности они называются «открасами»¹.

Техника открашивания изделий из золотых сплавов заключается в следующем. Изделия предварительно обезжиривают кипячением в концентрированном растворе буры, промывают в воде, затем на платиновой проволочке² погружают в «открас», который

¹ В старину «открасы» называли «фарбовкой».

² Платиновая проволока применяется как кислотоустойчивая.

нагревают до 80—100°. Во время открашивания изделия следует передвигать в «откресе».

Время выдержки изделия колеблется от 5—10 сек до 1—2 мин в зависимости от состава и концентрации, «откраса». Слишком длительное пребывание изделий в протраве может вызвать растворение не только лигатур, но и основного металла — золота.

Существуют также способы открашивания изделий амальгамированием, окуриванием и нанесением на них кашицы из буры с последующим погружением изделий в слабый раствор серной кислоты и другие растворы. Наиболее простые «открасы» имеют составы:

1. Поваренная соль	20 г/л
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	30 г/л
2. Калийная селитра	40 г/л
Поваренная соль	20 г/л
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	40 г/л

Другие, более сложные «открасы» имеют следующие составы:

Желтое открашивание

Калийная селитра	60 г/л
Сернокислое железо (окисное)**	20 г/л
Сернокислый цинк	10 г/л

Указанные компоненты растворяют в воде до получения концентрированного раствора.

Красновато-зеленое открашивание

Калийная селитра	100 г/л
Хлористый аммоний	10 г/л
Среднеуксуснокислая соль меди	300 г/л
Сернокислое железо	100 г/л

Зеленое открашивание

Калийная селитра	300 г/л
Сернокислое железо (окисное)	100 г/л
Сернокислый цинк	50 г/л
Квасцы алюмокалиевые	100 г/л

По другому способу разнообразные оттенки золота при открашивании достигаются применением восковых мастик (табл. 12).

Изделие покрывают восковой мастикой и нагревают до температуры 350—400°, пока мастика не выгорит и не образуется шлак.

Таблица 12

Составы восковых мастик для открашивания (вс. ч.)

Воск	Среднеуксуснокислая соль меди	Окись меди	Сернокислая медь	Сернокислое железо	Сернокислый цинк	Охра красная	Бура	Тунговое масло
64	19	—	13	—	—	—	4	—
41	13	9	—	4,5	13	17	2,5	—
25	10	—	—	—	—	40	—	25

Затем изделие промывают в горячей воде, подкисленной серной кислотой, и для придания изделию блеска его крацуют волосяной щеткой.

С целью получения красноватого оттенка применяют такой состав:

Пчелиный воск	12	вес. ч.
Окись железа	6	вес. ч.
Окись меди	4	вес. ч.
Сернокислый цинк	2	вес. ч.
Бура	1	вес. ч.

Зеленоватый оттенок можно получить, обрабатывая изделия в пасте следующего состава:

Пчелиный воск	1	вес. ч.
Сернокислый цинк	8	вес. ч.
Окись железа	6	вес. ч.
Среднеуксуснокислая соль меди	4	вес. ч.
Окись меди	2	вес. ч.
Сернокислое железо (окисное)	2	вес. ч.
Бура	1	вес. ч.

Цианистые электролиты для желто-оранжевого золочения

Для гальванического покрытия художественных изделий золотом обычно применяют цианистые электролиты, несмотря на их ядовитость и сравнительно ограниченную плотность тока.

Широкое применение цианистых электролитов объясняется высоким катодным выходом тока и получением мелкокристаллических осадков.

Для гальванического золочения применяют чистое (рафинированное) золото не ниже 999-й пробы.

Цианистые электролиты готовят из хлорного или гремучего золота. Для приготовления хлорного золота¹ применяют смесь соляной и азотной кислоты, так называемую «царскую водку» из расчета на 1 г золота:

Соляная кислота (уд. вес 1,19)	10	г
Азотная кислота (уд. вес 1,38)	3	г

Кислоту наливают в фарфоровую чашку, в которую кладут нарезанное на мелкие кусочки золото.

Затем чашку устанавливают на песочной бане, помещенной под зонтом с интенсивной вытяжкой или в вытяжном шкафу, и медленно нагревают при температуре 100—120°.

При растворении золота в «царской водке» надо избегать перегрева раствора², которое вызывает образование труднораствори-

¹ Фактически при растворении золота в «царской водке» получают кислое хлорное золото или комплексную золотохлористоводородную кислоту.

² При нагревании хлорного золота до 190° оно разлагается и образует хлористое золото.

мого соединения одновалентного хлористого золота (для его растворения приходится вести процесс заново).

Растворение ведут до полного перехода металлического золота в хлорное. Об окончании процесса судят по прекращению выделения бурых паров и получению темно-коричневой маслянистой массы, оседающей на дне и стенках чашки. Полученное хлорное золото растворяют в растворе цианистого калия, в результате чего и получается комплексная цианистая соль золота.

Для получения гремучего золота хлорное золото предварительно растворяют в кипятке, затем добавляют к нему десятикратное количество аммиака. На дно сосуда выпадает желто-бурый осадок, который и является гремучим золотом. Осадок отфильтровывают и многократно промывают горячей водой, следя за тем, чтобы золото (во избежание взрыва) все время находилось во влажном состоянии.

По другому способу, мало распространенному, но наиболее рациональному, применяется электролитическое растворение металлического золота с использованием пористой диафрагмы¹.

В эмалированную посуду достаточной емкости наливают раствор цианистого калия с расчетом на получение комплексного цианистого золота в некотором избытке. В раствор цианистого калия помещают золотую фольгу² в качестве анода. Катодом служит пластинка из никеля или нержавеющей стали, которую помещают в пористый, необожженный керамический сосуд, в последний наливают 20-процентный раствор едкого калия³.

Таблица 13

Составы цианистых электролитов для желто-оранжевого золочения (в г/л)

Электроды	Гремучее золото в расчете на металл	Цианистый калий (общий)	Фосфорнокислый натрий	Сода кальцинированная	Сернокислый натрий	Сернистокислый натрий (сульфит)	Плотность тока (а/дм ²)	Температура (°С)
1	2,1	15	1,0	—	—	—	0,1—0,5	60—80
2	4,2	15	—	—	—	—	0,1—0,5	60—80
3	2	7	—	10	—	—	0,1—0,3	70—80
4	2—3	15—20	—	—	—	—	0,3	60—80
5	3,5	10—15	—	—	—	—	0,1—0,15	18
6	1	5	—	—	—	—	0,1—0,2	70—75
7	4—5	18—15	—	—	—	—	—	—
8	2	15	4—8	—	—	—	—	—
9	2	2	40	—	20	—	0,1—0,2	50—60
10	0,5	0,6	30	—	—	—	—	—
11	2	7	—	—	—	10	—	—
12	1,75	75	—	—	—	—	0,15	60

¹ Этот способ можно применять также для приготовления серебряных электролитов.

² Золото обычно готовят в виде ленты, прокатанной в фольгу толщиной 0,1—0,22 мм, шириной 25—30 мм.

³ Практически берут 2,5 г/л цианистого калия и 25—30 г/л щелочи.

При растворении золота обычно устанавливается напряжение 8—12 в; можно применять и более повышенное напряжение. Анодная плотность тока 2—2,2 а/дм².

Различные цианистые электролиты приведены в таблице 13.

В практике золочения редко применяют электролиты с большой концентрацией золота; обычная концентрация металлического золота не превышает 2—2,5 г/л электролита¹.

Обычный электролит:

Золото (металлическое)	2 г/л
Цианистый калий	10—12 г/л
Сода кальцинированная	10 г/л

Катодная плотность тока 0,1—0,5 а/дм², температура раствора 70—80°.

Электролит для золочения серебряных изделий с чернью:

Золото (металлическое)	5 г/л
Цианистый калий	0,6 г/л
Фосфорнокислый натрий	30 г/л

Катодная плотность тока 0,05—0,06 а/дм², температура 70—80°.

Такой электролит имеет пониженное содержание цианистого калия и работает на низких плотностях тока. Высокая плотность тока и значительные количества цианистого калия вызывают бурное выделение водорода на катоде, который разрушает чернь на изделиях, восстанавливая сернистый сплав черни до сероводорода.

Электролиты могут работать при комнатной температуре, но обычно их подогревают до температуры 60—80°, что дает возможность работать с более высокими плотностями тока, колеблющимися от 0,1 до 0,3 а/дм². При введении к электролитам добавок, повышающих их электропроводность, можно работать с более высокими плотностями тока, доходящими до 5 а/дм² (64).

Рекомендуются высокопроизводительные ванны следующего состава:

Золото (металлическое)	20 г/л
Цианистый калий	45 г/л
Борная кислота	15 г/л
Комплексная никелевая цианистая соль	3,75 г/л

Плотность тока 5—10 а/дм²; температура 70—80° (при перемешивании).

С целью получения прочных и толстых осадков золота электролиты перемешивают. Золото, полученное гальваническим способом, необходимо периодически крацевать мягкой латунной щеткой, непрерывно смачиваемой хлебным квасом или раствором поташа, удаляющим шлам. Эта операция крацовки особенно важна при наращивании золота больших толщин.

¹ Электролиты с большим содержанием золота (8—10 г/л) применяют для быстрого золочения и «подцветки», придающей золоту интенсивный цвет.

Цианистый электролит, применяемый для покрытий повышенной твердости. Золотые покрытия повышенной твердости применяются для художественных изделий, работающих на истирание, или для отделки золотых деталей, полируемых на станках, главным образом для тел вращения: футеров осветительной арматуры, штоков и других деталей, полирование которых вручную затруднено или невозможно.

Такие изделия в зависимости от их формы полируются шелковыми кругами или специальными полировальными головками.

Для получения покрытий повышенной твердости обычно применяют цианистый электролит, в который вводят цианистую никелевую соль или соль кобальта, повышающие износоустойчивость в 2,9 раза.

Известен также способ термической обработки золота, нанесенного на никелевую основу. При температуре 950° образуется эвтектический сплав. При нагреве изделия с никелевым подслоем золото через 3 мин диффундирует в никель и сплавляется с ним. Золотое покрытие темнеет и после охлаждения подвергается открашиванию.

Бесцианистые электролиты для желто-оранжевого золочения

Железистосинеродистый электролит. Электролиты для желто-оранжевого золочения, состоящие из хлорного золота, железистосернистого калия и соды, не требуют цианистых солей. Железистосинеродистые электролиты в связи с плохим растворением золотого анода должны иметь определенную концентрацию. Плотность тока применяется очень низкая.

К таким электролитам относится, например:

Калий железистосинеродистый	7,5 г/л
Хлорное золото	2,65 г/л
Сода кальцинированная	7,5 г/л

Температура ванны 70° ; плотность тока $0,1-0,2$ а/дм².

Аноды применяются из чистого золота.

Для приготовления электролита предварительно в 500 см³ горячей воды растворяют железистосинеродистый калий, затем этот раствор добавляют к приготовленному хлорному золоту до прекращения выпадения берлинской лазури, после чего вводят 50 г кальцинированной соды. Приготовленный раствор отстаивают и фильтруют для удаления окиси железа.

Солянокислый электролит. Солянокислый электролит менее распространен. Он применяется главным образом при афинаже золота.

Солянокислый электролит, обычно состоящий из 10—15 г/л золота и 50% свободной соляной кислоты, можно использовать при комбинированном золочении с цианистым электролитом для пред-

варительного нанесения тонкого подслоя золота перед окончательным золочением в цианистом электролите.

Солянокислый электролит применяют следующего состава:

Золото (металлическое)	5 г/л
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	12,5 г/л
Азотная кислота (уд. вес 1,38)	12,5 г/л
Сода кальцинированная	150 г/л

Температура раствора 70°; плотность тока 0,04—0,06 а/дм².

Получение цветных декоративных эффектов при гальваническом золочении

Возможность получения различных цветных покрытий гальваническим способом в электролитах, содержащих соответствующие соли металлов, делают гальванические покрытия золотом особенно ценными для декоративной отделки художественных изделий из металла.

Цветные декоративные покрытия золотом отличаются не только интенсивным цветом и металлическим блеском, но и не изменяют своего основного цвета в атмосфере воздуха или от воздействия света.

Недостатком цветных гальванических покрытий золотом является некоторая ограниченность их цветов. Кроме того, цветное гальваническое золочение требует строгого соблюдения режима.

Красные тона золотых покрытий. Золотые покрытия красных тонов дают электролиты, содержащие добавку медной цианистой соли. В электролит постепенно вводят раствор цианистой меди в количестве 0,1—0,5 г/л (в расчете на металл), смотря по тому, какой силы красный оттенок хотят придать золоту.

По другому способу в электролит для золочения вводят уксуснокислую соль меди из расчета 0,5 г/л.

Для получения красного тона кроме золотого и медного анода пользуются также анодом из сплава золота с медью. Применяя золотой анод, изделие предварительно золотят в обычном электролите, дающем желто-оранжевое окрашивание. Затем золотой анод заменяют медным и продолжают золочение до получения требуемого красного оттенка. Окончательное золочение производят в том же электролите с анодом из сплава золота и меди.

По другому способу изделия, уже покрытые золотом желто-оранжевого цвета, обрабатывают для получения красного оттенка в электролите следующего состава:

Азотнокислый калий	12 г/л
Сернистое железо (окисное)	4 г/л
Сернокислый цинк	4 г/л

Плотность тока 0,1—0,2 а/дм², температура 60°

После электролитической обработки изделие нагревают до образования на нем бурого налета, который удаляют крацеванием.

Для золочения под 583-ю пробу применяется электролит следующего состава:

Цианистое золото	4 г/л
Цианистый калий	15 г/л
Цианистый никель	0,75 — 1,25 г/л
Цианистая медь	0,25 г/л
Углекислый калий	2 г/л

Плотность тока 0,1—0,5 a/dm^2 ; температура раствора ванны 60°; аноды из золота 583-й пробы.

Зеленые тона золотых покрытий. Зеленые тона позолоты получают главным образом введением в цианистый электролит, применяемый для желто-оранжевого золочения, цианистой соли серебра. Например, в электролит вводят цианистое или хлористое серебро, растворенное в цианистом калии, в количестве, необходимом для получения требуемого оттенка зеленого золота.

Зеленую позолоту получают также применением серебряного анода взамен обычного золотого. Для этого изделие предварительно золотят с применением золотого анода, получая желто-оранжевую окраску, затем анод заменяют серебряным, получая соответствующий тон зеленой позолоты.

После этого золочение заканчивают в том же электролите с анодом из сплава золота и серебра.

Наиболее интенсивные цвета зеленой позолоты получают в электролитах с солями мышьяка или углекислого свинца. Так, для получения интенсивной зеленой позолоты применяют электролит следующего состава:

Хлорное золото	0,1 г/л
Хлористое серебро	2,4 г/л
Цианистый калий	30 г/л

Плотность тока 0,3 a/dm^2 ; температура раствора ванны 60°.

В раствор вводят небольшую добавку мышьяковистого ангидрида (растворенного в щелочи) или углекислого свинца.

Для получения темного и интенсивного зеленого цвета применяют электролит, содержащий:

Хлорное золото	4 г/л
Цианистый калий	15 г/л
Окись кадмия	0,5 г/л
Цианистое серебро	0,25 г/л

Плотность тока 0,1—0,4 a/dm^2 ; температура раствора ванны 60°.

Введение кадмия дает более блестящие отложения золота.

Применяют также и другой раствор:

Едкий калий	5,5 г/л
Мышьяковистая кислота	3,0 г/л

Мышьяковистую кислоту предварительно кипятят в едком калии, растворенном в 0,4 л воды. При избытке мышьяковистой кислоты раствор дает черный осадок.

Более светлые тона зеленого золота получают в электролите с добавкой серебра¹:

Хлорное золото	5,0 г/л
Хлористое серебро	1,5 г/л
Цианистый калий	19,0 г/л

Плотность тока 0,1—0,4 а/дм²; температура раствора ванны 60°. При золочении применяют золотой анод, содержащий 35% серебра.

Зеленоватый тон золотого покрытия, как указывалось, получают введением 3—50 г углекислого свинца в обычный цианистый электролит, применяемый для желто-оранжевого золочения.

Различные оттенки золотых покрытий. Для получения цвета так называемого «старого», или «черного», золота в обычный электролит для оранжево-желтого золочения вводят 0,2—0,3 г/л углекислого никеля. Золочение ведут с угольным анодом. Кроме того, для получения покрытий под «старое золото» применяют также электролит следующего состава:

Цианистое золото	4 г/л
Цианистый натрий	8 г/л
Ацетат свинца	0,25 г/л
Цианистый кадмий	0,5 г/л

Плотность тока 0,1—0,3 а/дм²; температура раствора ванны 35—40°.

Аноды применяют нерастворимые (платиновые, угольные или из нержавеющей стали).

Для получения розового золота золочение производят в электролите с железистосинеродистым калием:

Хлорное золото	1,6 г/л
Углекислый калий	12,6 г/л
Железистосинеродистый калий	12,6 г/л

Плотность тока 0,1—0,6 а/дм²; температура раствора ванны 60°. К раствору железистосинеродистого калия добавляют углекислый калий, затем хлорное золото.

Для получения более интенсивного розового тона в электролит вводят цианистую медь:

Цианистое золото	4 г/л
Цианистая медь	0,5 г/л
Цианистый натрий	8 г/л
Железистосинеродистый калий	90 г/л
Углекислый калий	15 г/л

Плотность тока 0,3—0,5 а/дм²; температура раствора ванны 60—80°.

Для получения белого золота в электролит вводят 4—5 г/л цианистого никеля или двойной цианид серебра, олова, хрома и т. п.

¹ Наличие в электролитах большого содержания цианистого калия дает бледный цвет золотому покрытию.

Снятие золотых покрытий

Удаление золотых покрытий с различных изделий является сложной операцией. Снятие покрытий производится способом погружения изделия в раствор соответствующих кислот, не растворяющих металл, из которого изготовлено изделие.

Так, например, при снятии золотых покрытий с серебряных изделий их предварительно нагревают и погружают в разбавленный раствор серной кислоты.

Применяют также комбинированный способ, заключающийся в предварительном нанесении на золотое покрытие кашицы, состоящей из хлористого аммония, сернокислого кальция, буры и калиевой селитры. После просушивания нанесенного слоя изделие нагревают докрасна и погружают в раствор серной кислоты.

Для удаления золотого покрытия без нагрева изделие погружают в раствор, состоящий из смеси концентрированных кислот: серной кислоты (уд. вес 1,84) 100 г, соляной кислоты (уд. вес 1,19) 150 г, азотной кислоты (уд. вес 1,38) 75 г.

Выбор подслоя для золотых покрытий

Согласно исследованиям и экспериментальным данным инженера С. Д. Морхова (67), продолжительность службы золотых покрытий на архитектурных металлических деталях, находящихся в экстерьере, зависит не только от толщины золотых покрытий, но и от характера подслоя, на который наносятся эти покрытия.

Золото, обладая сильным электроположительным потенциалом и склонностью к пассивированию, защищает основной металл лишь механически, а не электрохимически, поэтому золотые покрытия, которые всегда пористы, могут способствовать коррозии основного металла. Это относится не только к железу, но и к меди, ее сплавам и даже к серебру.

С. Д. Морхов исследовал три основных вида антикоррозионной отделки золотом: 1) покрытие сусальным золотом на лаке мордане, 2) покрытие огневым способом, 3) покрытие гальваническим способом (включая дополнительную огневую обработку).

Золочение сусальным золотом. По исследованиям С. М. Морхова, при золочении сусальным золотом на лаке мордане применялось главным образом полузолотниковое золото, которое накладывалось в один слой, что соответствовало толщине покрытия в 0,22 мкм. Такая толщина покрытия сусальным золотом на лаке мордане, как указывает автор, служила до 25 лет; при большой толщине слоя срок службы золотого покрытия значительно удлинялся. Так, покрытие купола Владимирского собора в Киеве с общей толщиной в 0,55 мкм прослужило 59 лет. Для нанесения первого слоя применялось трехчетвертное золото (толщина покрытия 0,33 мкм), а для нанесения верхнего слоя — полузолотниковое золото (толщина покрытия 0,22 мкм).

Другим примером стойкости покрытия сусальным золотом архитектурных деталей, находящихся под воздействием атмосферных условий, может служить центральная глава Архангельского собора в Московском Кремле¹.

Это покрытие толщиной в 0,74 мкм состояло из трех слоев. Как указывает С. Д. Морхов, покрытие, по косвенным данным, прослужило около 100 лет и может считаться лучшим из всех известных покрытий. По мнению С. Д. Морхова, стойкость покрытия была обусловлена большим количеством наложенных на металл листочков сусального золота; однослойное покрытие не могло бы защитить металлическую поверхность от коррозии вследствие пористости сусального золота.

Автор указывает, что в конце службы золотое сусальное покрытие отслаивается, растрескивается и отделяется от основного металла вследствие систематического воздействия абразивных частиц, находящихся в пыли, дожде, снегу, и особенно под влиянием обледенения, на что особо указывали обследователи шпиля Петропавловского собора (68).

Огневое золочение. Согласно данным исследования С. Д. Морхова, средний срок службы золотых покрытий толщиной от 1,3 до 3,5 мкм, нанесенных огнем способом, колеблется от 20 до 80 лет. Но по этим данным нельзя получить точного представления о сроке службы покрытий, потому что многие архитектурные сооружения с деталями, имевшими подобное покрытие, уничтожены пожарами.

Как указывает автор, пример длительной службы дает покрытие куполов Благовещенского собора в Кремле, нанесенное огнем способом. Оно прослужило уже 108 лет и находится в настоящее время в удовлетворительном состоянии. Главы Исаакиевского собора, по расчетным данным имеющие толщину покрытия в 3,5 мкм, прослужили 112 лет и находятся до сих пор в удовлетворительном состоянии.

На основании своих исследований С. Д. Морхов пришел к выводу, что позолоченные огнем способом детали архитектуры, находящиеся под открытым небом, при средней толщине покрытия 3 мкм могут прослужить 100—150 лет.

Характеристика подслоев для золочения. Под воздействием городского воздуха, содержащего кислые газы и двуокись серы, которые получаются при сжигании каменного угля, медь быстро окисляется. Но в то же время медь отличается высокой противокоррозионной стойкостью, так как первая оксидная пленка образующаяся на чистой меди, резко замедляет процесс коррозии меди, защищая ее от дальнейшего активного воздействия реагентов.

Благодаря этому свойству меди ее применяли как облицовочный материал для крыш, шпилей, различных архитектурных деталей и скульптур. По данным исследования, гальваническое золотое покрытие, нанесенное на электролитическую медь, получается ме-

¹ Исследования производились Институтом цветных металлов и золота имени М. И. Калинина в 1946 г.

ее пористым, чем нанесенное на медь способом горячей прокатки.

Латунный подслоя. Латунь, покрытая золотым слоем, обладает теми же свойствами, что и медь горячей прокатки. Но для деталей архитектуры, находящихся в условиях открытого воздуха (при резких температурных изменениях), латунь обычно не применяют, так как она, особенно при большом процентном содержании цинка, в морозы склонна к растрескиванию.

Бронзовый подслоя. Бронзовое литье обычно отличается очень большой пористостью, поэтому золотые покрытия почти не защищают от коррозии бронзу, находящуюся под открытым воздухом. Но в условиях интерьера золотые покрытия на бронзовом литье могут служить длительное время. Это подтверждается более чем столетней службой бронзовых люстр, капителей и базисов в Большом Кремлевском дворце, Зимнем дворце, Исакиевском соборе (толщина покрытия 2—3 мкм) и позволяет сделать выводы (67), что чистая бронза, имеющая раковины и покрытая золотом, может успешно служить в закрытых и сухих помещениях.

Никелевый подслоя. Никель, покрытый золотом, обладает значительно большей антикоррозионной стойкостью, чем позолоченная медь и латунь.

Поэтому исследователь (67) предлагает расширить масштабы применения никеля как подслоя для золочения изделий из меди и латуни.

Оловянный подслоя. Олово, покрытое золотом, по коррозионной стойкости значительно превосходит медь, латунь и даже никель. Это объясняется тем, что на олове образуется защитная пленка, проливающая через поры золотого покрытия. Рекомендуется использовать оловянный подслоя для изделий, находящихся в помещении с повышенной температурой, так как при низкой температуре олово склонно к разрушению и превращается в порошок¹ (67).

Серебряный подслоя. Обычно золочение на серебряном подслое в условиях городской атмосферы постепенно теряет свои декоративные качества и сначала покрывается розовой с различными цветами побелости, затем фиолетовой и, наконец, черной пленкой сульфида серебра.

Образование на золотом покрытии (нанесенном на серебряный подслоя) сульфида серебра происходит в течение нескольких месяцев. В закрытых помещениях этот процесс идет значительно медленнее и зависит главным образом от наличия коррозионных агентов и соединений серы в воздухе (67).

Подслоя из нержавеющей стали ЭЯТ. Золотое покрытие, нанесенное на обычную малоуглеродистую сталь, в связи с активной коррозией стали быстро разрушается.

Но коррозионная стойкость нержавеющей стали выше стойкости позолоченного олова в тех случаях, когда сталь в порах золотого покрытия находится в пассивном состоянии. При нарушении этого состояния сталь начинает интенсивно корродировать и разру-

¹ Этот процесс называется «чумлением» олова

шает золотое покрытие. В связи с этим не рекомендуется употреблять для золочения изделий, которые будут находиться под открытым небом, нержавеющей сталь марки ЭИТ.

На основании исследований С. Д. Морхова, при золочении рекомендуется наносить подслои на никелевой основе, а также подслои из оловянистых сплавов. Беспористые покрытия из этих металлов увеличивают срок службы золотых покрытий в два-три раза.

Практические приемы золочения художественной бронзы

Технология гальванического золочения в практике защитных и декоративных покрытий крупных деталей, имеющих большие поверхности, сложные конфигурации и значительный вес, мало разработана. Это объясняется отсутствием систематической практики гальванического золочения больших деталей; исключения составляют отдельные работы, производившиеся за последние годы при участии профессора Ю. В. Баймакова (33) и, позднее, профессора Н. Т. Кудрявцева.

В практике автора этой книги имело место золочение различных изделий из литой бронзы и в том числе бронзовой осветительной арматуры. Поверхность покрытий на отдельных деталях изделий определялась десятками дециметров, а вес их составлял десятки килограммов.

Гальваническое золочение таких изделий имеет свою специфику. Во многих случаях перед нанесением покрытия требуется индивидуальная подготовка изделий или их отдельных деталей. Кроме того, для золочения нужны ванны специальной формы, различные приспособления и оборудование.

Гальванические покрытия на бронзовом литье имеют специфический недостаток — отличаются особой пористостью.

Микропористость в бронзовом литье вызывается дендритным строением, которое образуется главным образом при повышенной температуре плавления или чрезмерно высокой скорости заливки.

Пористость бронзового литья усложняет технологию процесса отделки литья золотом, с ней связаны дополнительные вспомогательные операции, особое наблюдение за процессом золочения и тщательный межоперационный контроль. Наличие микропор на бронзовом литье способствует проникновению в него травильного раствора и цианистого электролита, применяемых в процессе нанесения покрытий. Поэтому подготовка изделий и обработка их после покрытия золотом сопровождаются тщательной нейтрализацией и промывкой всех бронзовых деталей в горячей воде с последующей сушкой при температуре 250—300°.

Для уменьшения пористости бронзового литья перед гальваническим покрытием следует производить термическую обработку литья нагревом до 600—660°, с выдержкой при этой температуре в течение 2—3 час. В результате такой обработки микропоры в

бронзовом литье значительно уменьшаются благодаря образующимся внутри пор заполняющим их окислам.

Микропористость литой бронзы сильно уменьшается также после чеканки металла, омеднения его в кислой ванне, полирования и особенно после уплотнения нанесенного слоя золота кровавиками. Отслаивание золота в процессе полировки кровавиками указывает на плохую подготовку металла перед покрытием.

После нанесения золотого покрытия все детали бронзового литья нейтрализуют и тщательно промывают в горячей проточной воде, затем сушат и, как указывалось, прогревают до 250—300°.

В скульптуре и бронзовых деталях осветительной арматуры влага скопится не только в порах бронзы, но и в полостях скульптуры или деталях арматуры, предназначенных для монтажа, прокладки электропроводов и пр.

При декоративном золочении деталей больших размеров и разнообразных форм в каждом отдельном случае приходится применять специальные ванны, заранее проектируемые в соответствии с формой изделий. Это дает возможность устанавливать оптимальные условия для работы¹.

Укажем для примера несколько ванн различных форм, применяющихся в зависимости от конфигурации покрываемых золотом деталей. Так, например, для золочения бронзовых ободов осветительной арматуры различных диаметров используют узкие трапециевидные ванны. В ваннах такого типа обод поддерживается на медной скользящей втулке (надеваемой на медную трубу), являющейся катодной штангой. Отрицательный полюс источника тока подключается к медной трубе, втулка же служит скользящим контактом. При золочении обод вращается, что обеспечивает более равномерное и качественное покрытие.

Другим типом специальной ванны является ванна для золочения штоков люстр, представляющих собой трубы длиной до 2,5 м и диаметром от 20 до 40 мм.

Для золочения подобных деталей применяется узкая и длинная ванна, которая ввиду своих размеров (2—3 м) не может быть покрыта эмалью горячим способом. Поэтому в указанную ванну укладывают хлорвиниловый пластикат, прикрепленный к краям ванны металлическими скрепками. Пластикат изолирует электролит от железа; одновременно он служит тепловой изоляцией. В подготовленную таким образом ванну наливают заранее подогретый до рабочей температуры электролит, в который под определенным углом погружают шток; на погруженный конец штока надевают стакан из толстого стекла, служащий подпятником для штока в процессе золочения (если этого не сделать, то при вращении штока может порваться пластикат).

¹ Для погружения больших деталей иногда приходится увеличивать общий объем электролита. В таких случаях в электролит добавляют воду, снижая этим концентрацию золота в электролите. Рабочая концентрация золота обычно колеблется от 1,5—2,5 г/л электролита. Для повышения концентрации золота в электролите обычно выпаривают из него воду или в электролит добавляют золото.

ОТДЕЛКА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ СЕРЕБРОМ

Изготовление художественных изделий из серебра имеет многовековую давность. В художественной обработке металла изделия из серебра занимали значительное место и были широко распространены в Древней Руси.

Больше всего серебряных изделий изготовлялось в XI в. Кроме того, известно, что в XVII в. в московском Китай-городе, вблизи Никольской улицы и Ветошного ряда, существовал даже серебряный торговый ряд, где торговали ювелирными изделиями из серебра — кольцами, серьгами, перстнями, серебряными пуговицам для шуб и кафтанов и серебряной посудой.

Серебряная посуда имела применение благодаря своим бактерицидным свойствам, что было известно еще в античном мире. Геродот сообщает, что персидский царь Кир 2500 лет тому назад (70) пользовался серебряными сосудами для хранения воды во время походов. Бактерицидные свойства серебра были известны и в Древней Руси, в частности во времена Ивана Грозного.

В описании путешествия по России Томаса Смита (71) говорится об огромном количестве посуды из серебра и золота.

«Посредине палаты помещалась огромная стойка, на которой достигая значительной высоты, была расставлена чудная, огромных размеров посуда, весьма хитро сделанная в форме всякого рода зверей, рыб и птиц, не говоря о множестве столовой посуды обыкновенного вида... Огромное количество удивительных и редких кушаний, подававшихся на серебряных, а большею частью на массивных золотых¹ блюдах, которые возвышались полдюжины одно над другим».

Русская серебряная посуда представляла собой высокохудожественные изделия. Серебро покрывалось сложнейшими орнаментами способом гравирования и заливки его чернью или же отделывалось чеканной орнаментировкой (серебро отличается мягкостью и высокой тягучестью, удобной для художественной чеканки).

¹ По всей вероятности, это были серебряные вызолоченные огнем способом блюда.

Художественная серебряная посуда и ювелирные изделия того времени сохранились во многих образцах до наших дней. Исключительные декоративные свойства серебра широко использовались русскими художниками по металлу. Нанесенные художественные детали (орнаменты изображения и т. п.) и сама форма посуды или ювелирного изделия отделялись в соответствии с общим композиционным замыслом данной вещи.

Для декоративной отделки серебра применялись различные приемы. В первую очередь отделялись орнаментальные детали, усиливался или гасился блеск серебра, вводилась позолота¹ или изделия целиком золотились и отделявались уже по золоту.

Такие виды посуды, как солонки, кубки, рюмки и т. п., в большинстве случаев покрывались внутри золотом и полировались до зеркального блеска. Снаружи серебряная посуда матировалась. Иногда серебряные изделия изготовлялись без всякой отделки; в подобных случаях они делались гладкими, чем подчеркивалась строгость формы. В заказе от 13 сентября 1711 г., сделанном по именному указу Петра I, требовалось изготовление гладкого, лишенного золотой отделки сервиза.

«Велено сделать три дюжины тарелок, две дюжины ножей с вилками и с ложками, две дюжины блюд, четыре солонки, четыре шанцала, два подноса, горчишник и укусуник, ложку, ножик и вилки большие, две жаровни или конфоры, лохань да рукомоЙник. А весь этот сервиз делать гладким (разрядка наша. — Н. О.), ничего на нем не резать и не золотить».

Гладкое серебро обычно матировали или, наоборот, полировали до зеркального блеска, подчеркивая линии основных форм и отдельных деталей изделия (обычно полируют края — фаски, гальтели, ребра и т. п. части изделия). При наличии на серебряном изделии гравировки вводили чернь или же просто оксидировали изделие.

Изготовление художественных изделий из серебра и декорирование изделий из латуни и меди серебром и в дальнейшем широко практиковалось в России.

В 1845 г. в Москве была организована наиболее крупная фабрика по изготовлению серебряных изделий, при которой впоследствии открылись «классы» прикладного рисования с практическими занятиями по изучению приемов серебряного дела; там готовились кадры рабочих по художественной обработке металлов (фактически закрепощенных, так как рабочие должны были отрабатывать хозяину за свое обучение). Производство это насчитывало до 120 рабочих (73).

Позже в Москве был организован ряд других фабрик по изготовлению художественных изделий из металла. Производство серебряных и ювелирных изделий составляло широкий кустарный промысел, который получил наибольшее развитие в Костромской гу-

¹ «Мягкое и нежное сочетание чистого серебра с позолотой», указывает Б. А. Рыбаков (72), характерно для искусства Владимира XII—XIII вв.

бернии (в Сидоровском, Красном¹ и других селах этого района).

Изделия этого ювелирного куста в больших количествах экспортировались в прибалканские страны, а также в Персию и Среднюю Азию. Стоимость изготавливаемых вещей, попадавших в руки перекупщиков, была баснословно низкой. Так, например, тысяча латунных колец (весившая $3/4$ фунта) стоила 1 руб., а позолоченных — 10 руб., сотня серег с бусами стоила 2 руб. 50 коп. и т. п. Всего кустари вырабатывали ежегодно до 15 млн. штук мелких изделий (73).

Изделия проходили декоративную отделку золочением, но чаще серебрились, самые дешевые из них «травились под глянец».

Изделия из серебра или покрытые серебром большей частью отделялись контрастно: золотом, чернью, а позднее полированым. Они также матировались или оксидировались в мягкие темно-серые тона.

Оксидирование серебра возникло на основе черни, давшей так называемую «серную печень». Серная печень является наиболее распространенным оксидирующим составом для серебра.

Гальваническое серебрение

Способ нанесения серебряных покрытий на художественные изделия из цветных металлов стал известен несколько позднее, чем способ нанесения золота. Серебро, аналогично золоту, применялось в соединении с ртутью — в виде амальгамы, которая механически наносилась на изделия. Затем ртуть легко удалялась нагреванием, а серебро соединялось с покрываемым металлом.

Способ огневого покрытия серебром имел незначительное распространение, так как серебро большей частью использовалось для изготовления изделий домашнего обихода. Для декоративной же отделки деталей архитектуры, таких, как купола, крыши, шпили и т. п., использовалось только золото, так как серебро на открытом воздухе быстро покрывалось сернистой пленкой и теряло декоративные качества.

В условиях службы на чистом воздухе, а также при высоких температурах серебро не окисляется, но в присутствии самых ничтожных количеств сернистых соединений оно чрезвычайно быстро оксидируется и вскоре становится черным.

Значительно позднее распространился способ декоративной отделки оплавленным и накладным серебром. Изделие предварительно лудили, затем на него накладывали серебряную фольгу и осторожно прогревали его поверхность паяльником. Олово припаивало серебряную фольгу, которую затем сглаживали воронилом². Изделия, покрытые по этому способу металлом, назывались плакированными.

¹ Село Красное и в настоящее время является одним из крупнейших ювелирных центров.

² Стальным полировальником.

Техника декорирования накладным серебром изделий из металла была широко распространена в середине и конце XIX в. в применении к столовым приборам (ножи, вилки), табакеркам, всевозможным безделушкам, офицерским шпорам и т. п.

Вопреки распространенному мнению, что плакированные вещи изготовлялись исключительно в Германии, плакированием изделий много занимались русские заводы.

На первой выставке русских изделий, состоявшейся в 1829 г. в Петербурге (74), некоторые наши заводы демонстрировали свои плакированные изделия. Такие изделия были представлены «Придворным экипажным заведением, от бронзовой мастерской и С.-Петербургским и Александровским литейными заводами», выставившими самовар, вазу, рыбный судок, конскую сбрую, готовальни, замки, кастрюли, пуговицы и другие изделия.

Способ гальванического покрытия серебром и способ гальванического амальгамирования (применяемого перед нанесением на металл электролитического серебра) изобретены в одно и то же время. Гальваническое покрытие золотом с предварительным амальгамированием было разработано в больших производственных масштабах П. И. Евреиновым (75) в 1840 г. Электролит П. И. Евреинова применялся для гальванического цианистого амальгамирования шпиля Петропавловского собора¹, производившегося после гальванического золочения его облицовки.

Гальваническое серебрение, как и амальгамирование, производилось в специальных ваннах, питание которых осуществлялось от гальванических батарей. Мелкие мастерские серебрили изделия контактным путем, а при декоративной отделке крупных изделий пользовались так называемыми «кораблями» — гальваническими ваннами без применения внешней электродвижущей силы. Использовался электролитический раствор, содержащий соли серебра или золота; другой солью был хлористый натрий; концентрированный раствор соли наливали в деревянную коробочку-кораблик. Дно коробочки представляло собой диафрагму из бычьего пузыря, посредством которого растворы отделялись один от другого. В кораблик, плавающий с раствором хлористого натрия по электролиту, погружали цинковую проволочку или пластинку, служившую анодом; анод соединяли с изделием, погруженным в электролит. Возникал электрический ток, и на изделии осаждался металл².

Техника гальванического отложения металла с применением диафрагм была известна Б. С. Якоби (диафрагмы применялись для гальванических элементов).

Приготовление азотнокислого серебра. Для приготовления азотнокислого серебра берут 280 г металлического серебра 999,9 пробы и измельчают его. Измельченное серебро помещают в фарфоровую

¹ Гальванически нанесенное золото, покрытое амальгамой, проходило затем огневую обработку, чем достигалось понижение пористости покрытия.

² Указанным способом многие кустарные мастерские широко пользовались до 90-х годов прошлого века, а некоторые и значительно позднее.

чашку, содержащую 500 см³ азотной кислоты (уд. вес 1,25). Чашку нагревают на песочной бане, размешивая жидкость стеклянной палочкой.

Серебро растворяется, и при реакции выделяются бурые ядовитые газы, поэтому операцию растворения серебра следует проводить под интенсивной вытяжкой или непосредственно в вытяжном шкафу. Нагревание ведут до полного растворения металлического серебра и полного прекращения выделения бурых газов. Растворенное серебро остужают, затем, перемешивая, добавляют 3—4 части дистиллированной воды. Если для приготовления азотно-кислого серебра применяется легированное серебро с присадкой меди, то раствор азотнокислой меди удаляют промыванием хлористого серебра, которое готовят из азотнокислого.

Приготовление хлористого серебра. Для получения из азотнокислого серебра хлористого серебра к раствору азотнокислого серебра прибавляют поваренную соль или соляную кислоту (в темном помещении). После образования творожистого осадка жидкость сливают, а осадок, представляющий хлористое серебро, несколько раз промывают водой, затем переносят в раствор цианистого калия, в котором хлористое серебро растворяется.

Амальгамирование. Амальгамирование применяется при серебрении. Серебро, гальванически осаждаясь на медь и ее сплавы, дает плотный и эластичный осадок, тем не менее принято производить амальгамирование, так как ртуть обеспечивает лучшее сцепление серебра с основным металлом (что особенно относится к латуни всех марок). Серебро хорошо соединяется только с тонким слоем амальгамы, поэтому процесс амальгамирования продолжается всего несколько секунд. Длительное амальгамирование вызывает интенсивную диффузию ртути, сообщающую металлу хрупкость.

Амальгамирование обычно производится контактным способом — в «окунку». Для амальгамирования медных сплавов применяют растворы следующих составов:

1. Цианистая ртуть (закисная)	25 г/л
Цианистый калий	25 г/л
2. Азотнокислая закись ртути	10 г/л
Азотная кислота (уд. вес 1,38)	2 г/л

Наиболее простым составом для амальгамирования является 1-процентный раствор хлорной ртути (сулемы). Амальгамирование латунных, бронзовых, железных и стальных изделий производят в растворе цианистой ртути. Изделие из железа и стали погружают предварительно на несколько секунд в ванну, содержащую незначительное количество свободного цианида. Затем изделие переносят в другую ванну для предварительного серебрения, содержащую немного серебра и значительное количество свободного цианида, и только после этого изделие серебрят.

В практике серебрения железо, сталь, никель и сплавы на никелевой основе обычно предварительно латунируют или омедняют в цианистых электролитах и только после этого амальгамируют.

Электролиты для серебрения

Цианистые электролиты. В практике серебрения применяют ванны с различным содержанием серебра в зависимости от их назначения. Содержание серебра в ванне для тонких покрытий 10—15 г/л; для толстых покрытий 20—25 г/л, при движущихся катодах 30—35 г/л (76).

Электролиты для получения светлых серебряных осадков:

Серебро металлическое	29 г/л
или цианистое	36 г/л
Цианистый калий общий	37 г/л
в том числе свободный	19 г/л
Углекислый калий	38 г/л
или	
Серебро хлористое	39 г/л
Цианистый калий общий	55 г/л
в том числе свободный	19 г/л
Углекислый калий	38 г/л

Электролиты для получения блестящих серебряных осадков:

Серебро металлическое	20 г/л
или цианистое	36 г/л
Цианистый калий общий	52 г/л
в том числе свободный	34 г/л
Углекислый калий	38 г/л
или	
Серебро хлористое	39 г/л
Цианистый калий общий	70 г/л
в том числе свободный	34 г/л
Углекислый калий	38 г/л

Плотность тока при работе на цианистых серебряных ваннах обычно применяют не выше $0,3 \text{ а/дм}^2$ при температуре 18—20°.

При механическом перемешивании¹ плотность тока может быть доведена до $1,0—1,5 \text{ а/дм}^2$.

Для получения светлых серебряных осадков в электролит вводят гипосульфит до 1 г/л, что считается оптимальной концентрацией; для получения блестящих осадков вводят сернокислый кобальт от 1 до 2,5 г/л; при получении темных осадков из обычных ванн для осветления осадков серебра вводят 25-процентный раствор аммиака в количестве 2 мл. При условии сильно загрязненных ванн в электролит одновременно вводят 10 мл 5-процентного аммиака и 1 г/л гипосульфита.

Бесцианистые электролиты. Наиболее распространенными электролитами для серебрения являются цианистые электролиты. Однако вредность цианистых электролитов заставляла многих гальваностегов работать над изобретением способа их замены такими электролитами, которые были бы не вредны для здоровья человека и не уступали бы по эффективности цианистым.

¹ Воздушное перемешивание серебряных ванн вызывает снижение концентрации цианистого калия, во избежание чего применяют механическое перемешивание.

Экспериментальные работы в этом направлении производились с различными электролитами — роданистыми, аммиачными и тиосульфатными, но эти эксперименты не дали положительных результатов, так как названные электролиты обладают малой эффективностью. Наиболее удовлетворительный внешний вид серебряного покрытия был получен в электролите с тиосульфатным раствором, но в связи с хрупкостью покрытия его физико-механические свойства оказались низкими.

Кроме того, тиосульфатный раствор был склонен к саморазложению соединений серебра.

Удовлетворительным раствором для бescианистого серебрения оказался йодидный раствор, предложенный Московским заводом автотракторного оборудования (АТЭ-1).

Электролит состоит из следующих компонентов:

Йодистый калий	400—700 г/л
Хлористое серебро	32 г/л
Желатина пищевая	3—4 г/л

Для приготовления электролита требуется азотнокислое серебро и йодистый калий.

Йодидный раствор для серебрения подвергался подробным исследованиям А. И. Левиным (76). Исследованием было установлено, что для составления электролита следует применять не хлористое серебро (как предлагается в вышеуказанном рецепте), а сернокислое, так как хлористое серебро приводит к саморазложению электролита. На основании приведенных исследований был установлен оптимальный состав электролита:

Сернокислое серебро	30 г/л
Йодистый калий	630 г/л
Пирофосфорнокислый натрий	60 г/л
Аммиак (25%-ный)	75 мл/л

В зависимости от температурного режима плотность тока может устанавливаться по следующим ступеням: при температуре 14° максимальная плотность тока на катоде не должна превышать 0,45 а/дм²; при температуре 35° плотность тока увеличивается до 0,55 а/дм²; при температуре 40° плотность может быть повышена до 1 а/дм². Но рабочей плотностью тока следует считать плотность в 0,5 а/дм², что соответствует температурному режиму 35—40°. При плотности тока выше 0,5 а/дм² аноды пассивируются.

При нормальной работе электролита на поверхности анодов должен появляться темный налет или тонкая черная пленка. При пассивировании же аноды приобретают белый цвет с наличием черных пятен.

Приготовление электролита. Электролит по указанной рецептуре готовят следующим способом: предварительно растворяют в воде сернокислое серебро и затем к нагретому раствору, интенсивно перемешивая его, приливают небольшими дозами предварительно растворенный йодистый калий; после этого в раствор вводят пирофосфорнокислый натрий, а затем аммиак.

Отделка художественных изделий из металла блестящим серебром

Особое значение имеет отделка художественных изделий серебром, обладающим высокой отражательной способностью и коррозионной стойкостью.

Способ получения таких декоративных антикоррозионных покрытий заключается в предварительном нанесении на металл специальных подслоев, состоящих из латуни и никеля, после чего наносится серебро и защитный слой хрома незначительной толщины.

Изделие предварительно полируют пастой из окиси хрома (с постепенным переходом от грубой пасты до самой тонкой), затем пастой из венской извести.

Отполированное изделие обезжиривают в электролите следующего состава:

Углекислый натрий . . . . .	.10 г/л
Едкий натрий . . . . .	.10 г/л
Фосфорнокислый натрий . . . . .	.10 г/л

Плотность тока 5—10 a/dm^2 ; температура ванны 70—90°; продолжительность обезжиривания 5 мин; аноды стальные.

После промывки изделий в проточной воде, декапирования в 5-процентном растворе соляной кислоты и последующей промывки в воде изделия погружают в электролит никелирования:

Сернокислый никель . . . . .	.50 г/л
Сериокислый натрий . . . . .	.15 г/л
Борная кислота	5 г/л

Плотность тока 0,3 a/dm^2 ; температура ванны 15—20°; продолжительность покрытия 20 мин.

Далее изделия промывают, сушат и полируют, как указано выше. Полированные детали декапируют в 5-процентном растворе серной кислоты или в растворе кислого виннокислого калия и амальгамируют.

Для амальгамирования применяют электролит следующего состава:

Хлористое серебро	1 г/л
Окись ртути	1 г/л
Цианистый калий	5 г/л
Едкий калий	3 г/л
Азотнокислый калий	4 г/л

Плотность тока 0,3 a/dm^2 ; температура ванны 15—20°; продолжительность амальгамирования 2 мин; аноды серебряные.

Амальгамированные изделия переносят в ванну серебрения следующего состава:

Хлористое серебро . . . . .	.10 г/л
Цианистый калий . . . . .	.20 г/л

Плотность тока $0,3 \text{ а/дм}^2$; температура ванны $15\text{—}20^\circ$; аноды серебряные.

Изделия, покрытые серебром, проходят обычный цикл операций промывки, сушки, полировки. Полировку производят на очень мягких кругах, сделанных из майи со спиртовым раствором сурика, а также на мягких шелковых кругах с тонко отмученной венской известью.

Окончательное покрытие металла, предназначенное для защиты нанесенного серебра от потускнения, производят путем нанесения тонкого слоя хрома в следующем электролите:

Хромовый ангидрид	250 г/л
Фтористый натрий	5 г/л
Серная кислота (уд. вес 1,84) не более	0,1 г/л

Плотность тока 3 а/дм^2 ; температура ванны $20\text{—}22^\circ$; продолжительность хромирования $2\text{—}3 \text{ мин.}$

Аноды изготавливают из сплава свинца с сурьмой (сурьмы должно быть $8\text{—}10\%$). Форма анодов должна быть близкой к форме изделия (из бездействующей ванны аноды следует удалять).

Другая рекомендуемая ванна для хромирования имеет состав:

Хромовый ангидрид	350 г/л
Серная кислота (уд. вес 1,84)	3,5 г/л

Плотность тока 15 а/дм^2 ; температура ванны 40° .

Изделия, покрытые хромом, промывают в проточной воде и в $2\text{—}3\%$ -процентном растворе соды, после чего снова промывают в холодной и горячей воде и затем сушат. Далее изделия полируют на мягких кругах с пастой из окиси хрома.

Дефекты на серебре. Основные дефекты серебряных покрытий могут заключаться в образовании на серебре красных или желтых пятен, которые выявляются в процессе полирования серебра.

В журнале «Отечественные записки» за 1843 г. сообщалось: «...вещи, высеребранные посредством гальванизма, теряют скоро свой блеск и покрываются желтыми пятнами, которые невозможно смыть; пятна эти происходят от синеродистого серебра, которое пристаёт к поверхности вещи во время серебрения и разлагается потом от действия света».

Далее рекомендовалось изделия, имеющие пятна, нагревать и отбеливать в растворе серной кислоты.

В настоящее время появление пятен приписывается цианистым включениям в покрытиях. Для их удаления используется $5\text{—}10\%$ -процентный раствор серной кислоты или раствор цианистого калия.

Снятие серебряных покрытий. Для удаления серебряных покрытий прибегают к электролитическому или химическому способу в зависимости от основного металла, на который нанесено серебряное покрытие. Так, с железных изделий серебро электролитически снимают в растворе цианистого калия (или натрия), в котором изделие служит анодом. С латунных изделий серебро можно сни-

мать химическим способом в горячем растворе следующего состава:

Серная кислота (уд. вес 1,84) 10 г/л
Азотная кислота (уд. вес 1,38) 1 г/л

Для этой цели применяются также серная кислота (уд. вес 1,84) 500 г/л, азотнокислый калий (или натрий) 50 г/л. Температуру раствора 50—60°.

Растворы следует готовить, осторожно смешивая исходные компоненты.

Декоративное оксидирование серебра и серебряных покрытий

Художественные изделия из серебра или изделия, покрытые гальваническим способом достаточно толстым слоем серебра, могут быть тонированы в различные цвета. Наиболее красивой и строгой выглядит отделка под «старое» серебро. Такая отделка производится воздействием сернистых соединений, образующих на поверхности изделия сернистое серебро.

Тона и полутона «старого» серебра могут быть различными: глубоко черными с проблесками естественного белого цвета серебра на выступающих деталях рельефа, темно-серыми, серыми, светло-серыми, голубовато-дымчатыми, а также коричневыми, считающимися наиболее благородными, при этом цвета оксидировок могут быть матовыми или блестящими.

Наиболее распространены серые и светло-серые (дымчатые) тона, обеспечивающие художественным изделиям высокий декоративный эффект, дающие возможность мягких переходов от углублений к выпуклости рельефа и сообщающие матовый, слегка дымчатый цвет всему изделию. Более темная окраска увеличивает высоту рельефа, контрастируя с его выступающими деталями.

Усиление светотеней достигается наличием контрастирующих темных и светлых тонов. Для их получения детали рельефа после оксидирования протирают мелкопросеянным песком или порошком отмученного мела. Выпуклые детали обрабатывают кожей, кроме того, с них смывают оксидный слой, для чего применяют раствор цианистого калия.

Травление¹ (отбеливание) серебряных изделий. Декоративная отделка серебряных художественных изделий, которые обычно изготавливаются не из чистого серебра, а из сплава его с медью, выполняют двумя основными способами; один из них дает изделию нежно-белый цвет, другой — серые или черные тона «старого» серебра (получаемые в результате оксидирования).

¹ Травление, производимое с целью снятия грубой окалины (окислов) в художественной промышленности, называют отбеливанием.

Для отбеливания изделий применяют слабые растворы кислот. Медь, входящую в легированное серебро, удаляют предварительным нагреванием изделия и окислением поверхностного слоя меди.

Для удаления пленки окисла изделия отбеливают. Обычно в подогретом виде их погружают в травильный раствор, выдерживают в нем некоторое время, а иногда кипятят.

Для придания изделиям из сплавов серебра с медью белоснежной окраски, даже при отсутствии пленки окисла меди, их подвергают отбеливанию. Для этого изделие, как указывалось, нагревают до образования на его поверхности окисла меди, затем отбеливают растворением этого окисла.

Существует много различных отбеливающих растворов, которые характеризуются тем, что растворяют окисел меди. Применяют, например, отбеливающий раствор, в который входят:

Хлористый натрий	60 г/л
Кислый вивокислый калий	30 г/л

Этот раствор вливают в медный сосуд и кипятят в нем изделие до тех пор, пока оно не становится совершенно светлым.

Другой сильно действующий раствор содержит 100 г/л кислото сернокислого калия. Для отбеливания широко применяется 15—20-процентный раствор серной кислоты. Если отбеливание серебра в растворе серной кислоты протекает плохо, то к нему добавляют хлорное железо. Употребляют также 50-процентный раствор азотной кислоты, в который изделие погружают на 2—3 сек (во избежание растворения серебра). Для получения белоснежной поверхности серебра изделие следует нагревать и отбеливать не менее двух-трех раз.

Техника нанесения черни

Декоративная отделка под «старое» серебро появилась в результате изготовления изделий с чернью. Чернь представляет собой сернистое серебро, получаемое обычно сплавлением серебра, меди и свинца в присутствии серы. Чернь можно наносить только на изделия из серебра или золота, и используется она совместно с гравированием. Чернь в виде кашицы с водой укладывают в бороздки, образованные гравированием, после этого изделие нагревают; чернь расплавляется и соединяется с металлом; излишек наплавленной черни удаляют, применяя опилование и шабровку, затем изделие полируют грифелем с водой.

Нанесение черни — исконно русский прием декоративной отделки металла. Появление оксидирования связано с практикой нанесения черни. Если мы рассмотрим рецепты черни (табл. 14) и сравним их с составом серной печени, представляющей полисульфид калия, приготовленный спеканием углекислого калия или едкого натра с серой, то увидим, что основным компонентом указанных рецептов является сера (сернистые соединения, образующиеся на серебре, имеют темную, хорошо сохраняющуюся окраску).

Компоненты	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Серебро	4	2	1	1	2	39	9
Свинец	9	3	3	7	15	50	1
Сера	48	24	12	24	75	58	30
Медь	9	5	2	5	9	72	1
Бура	2	1	1	4	—	36	—

Растворы для оксидирования. Для отделки изделий под «старое» серебро существует значительное количество разнообразных оксидирующих составов. Можно, например, получить «старое» серебро обработкой поверхности изделия серной печенью, раствором хлорной платины или палладия, обработкой хлорным железом, сернистым аммонием и пр.

Наиболее распространенным оксидирующим составом для изделий из серебра и посеребренных является уже упоминавшаяся серная печень¹ (смесь полисульфидов).

Приготовление серной печени. Серная печень состоит из следующих компонентов:

Сера	1 вес. ч.
Поташ	2 вес. ч.

Серу расплавляют в железном сосуде и добавляют к ней измельченный сухой поташ. Расплавленную смесь перемешивают 15—20 мин и после остывания хранят в закрытой стеклянной банке. По мере надобности от спекшейся массы откалывают кусочки и растворяют в горячей воде (из расчета 1 г серной печени на 100 г воды).

Для получения равномерной и плотной оксидной пленки в раствор серной печени рекомендуется добавлять несколько капель селенистой кислоты. Для получения оксидировок более темных тонов вместо углекислого калия применяют едкий натрий.

Серную печень можно наносить тампоном, но лучше изделие погружать в раствор. Раствор нагревают до 80—90°. В зависимости от длительности пребывания изделия в горячем растворе окраска может быть светлее или темнее.

При каждом оксидировании новой партии серебряных изделий готовят свежий раствор серной печени.

Применяют и другие растворы серной печени, например:

1. Серная печень	5 г/л
Углекислый аммоний	10 г/л
2. Серная печень	15 г/л
Хлористый аммоний	40 г/л

В этих растворах изделия сначала приобретают светло-серую окраску, затем темнеют и приобретают темно-голубой оттенок.

¹ Название «серная печень» происходит от слова запекать, печь серу.

Для оксидирования серебра можно также применять серную печь и углекислый аммоний в других соотношениях (табл. 15).

Таблица 15

Составы для оксидирования серебра
(в г/л)

Компоненты	Для серебряных изделий		Для посеребренных изделий	
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Серная печь	10,0	25,0	3,0	2,5
Углекислый аммоний	20,0	10,0	6,0	5,0

Для усиления темной окраски изделия из серебра или покрытые гальваническим серебром перед оксидированием амальгамируются в разбавленном растворе азотокислой закиси ртути. На поверхности изделия образуется амальгама серебра, затем изделие оксидируют в растворе сернистых соединений. При оксидировании на местах нанесенной амальгамы образуется сернистая ртуть, которая характерным черным цветом вместе с сернистым серебром придает оксидировке глубокий бархатисто-черный тон.

Имеется ряд рецептов для оксидирования серебра, в которых серная печь заменена сернистым калием:

1. Сернистый калий 12 г/л
Хлористый аммоний 40 г/л
2. Сернистый калий 25 г/л
Углекислый аммоний 10 г/л

Оксидирование серебра можно производить с применением хлорной воды; для этого изделие смачивают хлорной водой, после чего его сушат и засвечивают на солнце или под яркой электрической лампой. Под действием света поверхность серебра темнеет.

Для получения на серебре характерно черных оксидных пленок применяют растворы палладиевых солей. Поверхность изделия в результате обработки покрывается слоем палладия, который, в зависимости от концентрации раствора и длительности погружения, создает более светлый или более темный тон. В качестве палладиевой соли применяют хлористый палладий или одну из его растворимых двойных солей, например двойную соль хлористого палладия и хлористого натрия. Палладиевая оксидная пленка отличается значительной стойкостью и наносится в следующем растворе:

- Хлористый палладий 5 г/л
Хлористый натрий 5 г/л

Состав применяют в горячем состоянии при температуре 60—70°. Изделие погружают на 5—30 сек, в зависимости от требуемого тона и активности раствора.

Для приготовления так называемой «платиновой» черни применяют хлористую платину. К раствору хлористой платины постепен-

но приливают водный раствор, состоящий из равных частей виноградного сахара и едкого натра. Раствор приливают до тех пор, пока не прекратится образование осадка. Осадок платиновой черни промывают и сушат. При употреблении порошок платиновой черни растворяют в кипятке.

Различные цвета оксидных пленок, получаемых на серебре. Для получения желтой окраски изделия погружают в концентрированный раствор хлористой меди, после их промывают и сушат. —

Для получения коричневых окрасок применяют составы с медным купоросом, содержащие следующие компоненты:

1. Сернистая медь	100	вес. ч.
Хлористый аммоний	5	вес. ч.
Уксусная кислота (5%-ная)	100	вес. ч.
2. Сернистая медь	20	вес. ч.
Азотнокислый калий	10	вес. ч.
Хлористый аммоний	20	вес. ч.
Уксусная кислота (5%-ная)	100	вес. ч.

Для получения «старого» серебра применяют способ серебрения изделий в электролите с графитовыми анодами. Частицы графита переносятся к катоду — изделию — и вместе с серебром вкрапливаются в покрытие. Получается серо-голубой осадок. Поверхность изделий с таким осадком обычно протирают тонким порошком пемзы или песка.

Применяют также электролит такого состава:

Сернистый аммоний	4	г/л
Хлористый аммоний	8	г/л

Температура раствора 70—80°. Изделия завешивают на анод, катодом служит платина.

Для получения цветного оксидного слоя изделия из серебра или покрытые серебром обрабатываются гальваническим путем в растворе хлористого железа (250 г/л).

Изделия завешивают на катод, анодом служит платина.

В соответствии с силой тока и длительностью пребывания изделий в ванне оксидная пленка постепенно изменяется в цвете, приобретая оттенки от лилового до красно-коричневого. Если после оксидирования изделие прогреть до 100°, то оно приобретает светло-красный тон.

Зеленая окраска может быть получена в следующих растворах:

1. Соляная кислота (уд. вес 1,19)	300	г/л
Йод	100	г/л
2. Йод	11,5	г/л
Йодистый калий	11,5	г/л

Окрашивание следует производить в темном помещении.

Зеленовато-серый цвет приобретает сплав серебра, содержащий 50—70% меди, при обработке в нижеследующем растворе:

Сернистая медь	70	г/л
Среднеуксуснокислая соль меди	20	г/л
Алюмокалиевые квасцы	10	г/л

Эффективная декоративная отделка изделий из серебра или покрытых серебром получается путем предварительного слабого золочения и протирки рельефа изделия порошком пемзы.

Для оксидирования серебра применяют также раствор следующего состава:

Негашеная известь . . . . .	.37 г
Серный цвет . . . . .	.64 г

После смешивания эту массу обливают водой и, загустевшую, растворяют в 1 л горячей воды и кипятят 25—30 мин. Если к этой жидкости во время кипячения прибавить 50 г сернистой сурьмы или 50 г сернистого мышьяка, то при оксидировании можно получить синевато-серую окраску.

Снятие оксидной пленки

Изделия из серебра или покрытие гальваническим серебром очень быстро темнеют, покрываются пятнами, теряют первоначальный блеск и свою декоративность. Для снятия оксидного слоя серебра, имеющего вид желтых и темных пятен, цветов побежалости, применяют различные способы.

Обычно изделия промывают в 20-процентном водном растворе цианистого калия или натрия или в растворе, содержащем:

Цианистый калий . . . . .	.30 г/л
Цианистый цинк	1 г/л

Кроме растворов, содержащих ядовитые соединения, применяют другие, например:

Двууглекислый натрий . . . . .	.25 г/л
Хлористый натрий . . . . .	.10 г/л

В раствор опускают изделие и цинковый анод. Изделие служит катодом — сернистое серебро восстанавливается, и изделие приобретает первоначальный вид.

По другому способу для уничтожения оксидной пленки сернистого серебра, вызывающей потускнение, а в дальнейшем почернение серебра, изделия погружают в подогретый до 40—50° раствор поваренной соли (100 г/л воды) с цинковым анодом.

Защита серебра от потемнения

Серебро отличается высокой отражательной способностью и в то же время, как указывалось выше, очень быстро теряет первоначальный блеск и цвет чистого металла, быстро окисляется и чернеет под действием сернистых соединений, всегда содержащихся в воздухе. Исключением является сплав серебра, содержащий 1,75% кадмия, тускнеющий медленнее обычного сплава серебра с медью.

Для предохранения серебра, сплавов серебра и серебряных покрытий от потускнения рекомендуется ряд растворов, состоящих из хроматов или бихроматов, которые образуют на поверхности серебра пленки хромовокислого серебра, защищающие поверхность изделий от потускнения. Эти растворы не изменяют цвета и блеска серебра.

Имеется ряд растворов для пассивирования серебра, например: бихромат натрия — 100 г/л, хромовая кислота — 0,5 г/л (изделия выдерживаются в этих растворах 3—6 мин).

Для пассивирования можно применить катодную обработку серебра в электролите следующего состава:

Хромовая кислота	50 г/л
Серная кислота (уд. вес 1,84)	10 г/л

Электролит такого состава обладает повышенной рассеивающей способностью, что необходимо при обработке сложнопрофилированных и полых художественных изделий — ваз, кубков и т. п. Напряжение на клеммах ванны 6 в, время выдержки от 1 до 5 мин, температура электролита 20—25°.

Гальваническое латунирование

Латунирование удобно вести в электролите следующего состава:

Сернистая медь	15 г
Сернистый цинк	15 г
Углекислый натрий	55 г
Кислый сернистоокислый натрий	20 г
Цианистый калий (98%-ый)	25 г
Вода	1000 мл

Для приготовления электролита в 500 мл горячей воды растворяют сернистую медь и сернистый цинк и отдельно в другой такой же порции воды 40 г углекислого натрия.

По растворении солей растворы сливают вместе; образуется осадок в виде углекислой меди и цинка. Растворы следует соединять постепенно, энергично перемешивая их во избежание бурной реакции.

Отстоявшуюся жидкость сливают с осадка и выбрасывают, а к осадку добавляют отдельно растворенные в 600 мл воды кислый сернистоокислый натрий и углекислый натрий.

Цианистый калий растворяют в 400 мл теплой воды отдельно, затем раствор цианистого калия приливают к раствору углекислых солей.

Латунные электролиты нужно прорабатывать примерно 15—20 часов постоянным, а еще лучше переменным током со случайными катодами.

Латунирование ведут при 25—50° с анодами из листовой меди при катодной плотности тока в 0,3 а/дм².

Цвет латуни более близкий к цвету бронзы, т. е. насыщенного желтоватого тона, можно получать введением 25-процентного водного раствора аммиака в количестве примерно 1—2 г/л электролита. Введение аммиака дает возможность получать равномерный цвет латуни на всей профилированной поверхности скульптуры.

Гальваническое меднение

Цианистое меднение при отделке гальваноскульптуры используется главным образом для закрытия швов пайки оловянносвинцового припоя, применяемого при монтировании скульптур, т. е. для создания общего медного тона всей скульптуры.

Перед меднением швы должны быть тщательно зачищены и, где требуется, прочеканены в соответствии с фактурой скульптуры. После обезжиривания и обработки швов мягкой латунной щеткой скульптуру погружают в ванну цианистого меднения с электролитом состава:

Медь цианистая	15 г/л
Цианистый натрий	10 г/л
Углекислый натрий (безводный)	15 г/л
Сернокислый натрий кристаллический	5 г/л

Электролит готовят аналогично латунному — предварительным переводом сернокислой соли в углекислую.

Для этого в эмалированной посуде растворяют в теплой воде сернокислую медь из расчета 60 г/л электролита и в другом сосуде растворяют углекислый натрий из расчета 30 г/л. При смешении обоих растворов выпадает зеленый осадок углекислой меди. Смешение следует вести при перемешивании.

По окончании реакции раствору дают отстояться, затем сливают жидкость с осадка, который промывают теплой водой.

К приготовленной углекислой меди добавляют раствор сернистокислого натрия из расчета 35 г/л и после тщательного перемешивания вводят раствор цианистого натрия из расчета 55 г/л.

Полученному раствору дают отстояться, после чего заливают его в ванну (оставляя осадок). В электролит вливают воду до требуемой концентрации.

Меднение ведут при 18—20°, устанавливая катодную плотность тока 0,3—0,5 а/дм².

Анодирование и окрашивание (тонирование) художественных изделий из алюминиевых сплавов под цвет бронзы

Химическое тонирование изделий из алюминиевых сплавов не дает удовлетворительных результатов, поэтому рекомендуется применять анодирование в сернокислотном электролите, с последующей окраской изделий органическими красителями. Процесс обработки металла перед окрашиванием состоит из процессов:

1. Обезжиривание, для чего применяют:

Тринатрийфосфат	50 г/л
Едкий натрий	5—10 г/л
Жидкое стекло	30 г/л

Температура раствора 60—70°. Продолжительность обезжиривания 3—5 мин.

2. Промывка в горячей и затем в холодной воде.

3. Осветление в 20-процентном растворе азотной кислоты в течение 2—5 мин.

4. Промывка в холодной воде.

5. Травление в растворе едкого натрия (40—60 г/л) для придания скульптуре матовой поверхности. Температура раствора 50—60°.

6. Промывка в горячей и затем в холодной воде.

7. Анодирование производят в 18—20-процентном растворе серной кислоты при плотности тока 1—2 а/дм². Продолжительность процесса 10—20 мин (на катод завешивается свинцовый лист, на анод скульптура). Температура электролита 18—25°.

8. После анодирования скульптура должна тщательно промыться.

9. Окрашивание производится в одном из растворов красителей. Концентрация красителей берется от 1 до 10 г/л в зависимости от желаемого тона окраски. Красящие растворы готовят на дистиллированной воде, обычная вода ухудшает яркость и чистоту окраски.

Для окрашивания рекомендуется применять светоустойчивые красители.

Желтый 5з для алюминия (протравной чисто-желтый). Окрашивает анодированный алюминий в желтый цвет с зеленоватым оттенком при концентрации красителя 1 г/л, рН=6,5. Температура ванны 50—60°.

Желтый 4з. Концентрация 1 г/л, рН=6,2. Температура ванны 50—60°.

Оранжевый 2ж для алюминия. Концентрация 1,5 г/л, рН = 6,2. Температура ванны 25°.

Оранжевый к (дает красноватый оттенок). Концентрация 1 г/л, рН=8,6. Температура ванны 50—60°.

Коричневый для алюминия (дает бронзовый тон). Концентрация красителя 1 г/л, рН=4,8. Температура ванны 50—60°.

Черный для алюминия, кислотный 3м (дает глубокий черный цвет). Концентрация 5 г/л, рН = 4,28. Температура ванны 50°.

10. После окрашивания скульптура погружается в горячую воду для закрепления красителя в анодной пленке.

ГЛАВА XIII

ДЕКОРИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОМ НЕПРОВОДНИКОВ И НАНЕСЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ

На стекло и фарфор электропроводящий слой наносят химическим путем, аналогично серебрению зеркал.

Для успешного серебрения стекла прежде всего необходима очень тщательная подготовка поверхности стекла перед серебрением для удаления жира и хлористых солей. Так как хлористые соли содержатся в поте рук, работу обычно ведут в резиновых перчатках.

Стекло предварительно промывают концентрированной азотной кислотой (уд. вес 1,42), после тщательной промывки в проточной воде его погружают в 20-процентный раствор едкого калия и снова промывают в проточной воде. Затем стекло протирают ватным тампоном, смоченным насыщенным раствором двухлористого олова. Только после указанной подготовки и окончательной промывки стекла в проточной, затем в дистиллированной воде приступают к серебрению. Для серебрения стекла применяют два раствора: раствор серебра и раствор восстановителя.

Состав раствора серебра:

Серебро азотнокислое	6 г
Едкий калий	6 г
Аммиак (25%-ный)	9 мл
Вода дистиллированная	1 л

Для приготовления раствора в 300 мл дистиллированной воды растворяют сахар; затем добавляют серной кислоты, после чего кипятят 10 мин. По охлаждении раствора добавляют дистиллированной воды до 1 л и фильтруют.

Состав раствора восстановителя:

Сахар	75 г
Серная кислота (10%-ная)	6 мл
Вода дистиллированная	1 л

Для приготовления раствора в 160 мл дистиллированной воды растворяют азотнокислое серебро согласно рецепту. В другом сосуде растворяют едкий калий в 150 мл дистиллированной воды и выливают в раствор азотнокислого серебра, после чего добавляют не-

большими порциями аммиак до растворения образовавшегося осадка. По растворении осадка раствор доводят дистиллированной водой до 1 л.

Серебрение производят в эмалированных или фарфоровых кюветах. Непосредственно перед серебрением отмеривают необходимый объем раствора серебра и раствора восстановителя: на каждые 100 мл раствора серебра берут 8—9 мл раствора восстановителя, а общее количество подбирают так, чтобы полностью покрыть стекло жидкостью. Оба раствора смешивают и немедленно выливают в кювету, которую все время покачивают до выпадения осадка. По окончании серебрения стеклянную форму или изделие промывают и одновременно слегка протирают ватным тампоном, после чего погружают в электролит.

В случае получения тонкого или пористого слоя серебра процесс следует повторить 2—3 раза. Серебро, осевшее на участках, не подлежащих наращиванию меди, снимают протиранием ватным или марлевым тампоном, смоченным концентрированным раствором азотной кислоты, затем форму снова тщательно промывают в дистиллированной воде.

На формы, покрытые серебром, можно наращивать первый слой меди только в ваннах затяжки, имеющих низкую кислотность (8—12 г/л серной кислоты) при плотности тока не выше 1 а/дм².

Изделие отделяют от стеклянных форм после предварительного подогрева их в горячей воде (60—70°). Отделение происходит благодаря разной величине коэффициента теплового расширения изделия и стекла.

Металлическая пленка, наносимая на изделия из указанных материалов, должна прочно сцепляться с их поверхностью, так как служит основой для наращивания рельефных слоев металла. Пленка металла может также служить и непосредственно в качестве декоративной отделки изделий — в виде серебряной, золотой или платиновой орнаментировки.

Для получения более прочной пленки металла такую пленку лучше наносить не обычным, а термическим способом, закрепляя пленку на поверхности изделия обжигом в печах при 600—650°.

Для получения металлических пленок на керамических материалах существует довольно много рецептов, принципиально не отличающихся между собой по составу. В эти рецепты обычно входит для смачивания массы лавандовое масло, служащее одновременно окислителем (лавандовое масло можно заменять терпентиновым).

Приведем несколько рецептов составов для нанесения тонких металлических пленок на фарфор и фаянс.

1. В низкосортном лавандовом масле (спиковое масло) растворяют серу, пока не получится консистенция сиропа; к этому раствору прибавляют раствор хлористого серебра, хлористого золота или хлористой платины в эфире; обе жидкости смешивают при легком нагревании.

Полученную смесь выпаривают до консистенции масляной краски и наносят на изделие кистью.

Изделие нагревают в печи, в результате чего получается слой серебра, золота или платины, крепко связанный с основным материалом.

2. Чаще всего готовят смесь из 2 вес. частей окиси свинца и 1 вес. части серноокислого свинца.

Массу тщательно перемешивают и добавляют хлористую платину до образования пастообразной краски, которую наносят кистью и сплавляют в печи.

3. В фарфоровой ступке растирают 10 г мелкого порошкообразного серебра и 25 г борнокислого свинца с живичной смолой (терпентином). Нанесенный состав обжигают в печи.

4. Готовят сплав следующего состава (в вес. частях):

Хлористое серебро	28
Борнокислый свинец	3
Азотнокислый калий	56
Бура	28

Опишем технологический процесс нанесения серебряной пленки на керамические изделия путем применения паст из серебра, его окиси или солей и органических связующих¹.

При нагревании органические вещества сгорают, а окись серебра восстанавливается в металлическое серебро, образуя пленку, диффундирующую в поверхностный слой керамики.

Глазурованные керамические, фаянсовые и фарфоровые художественные изделия предварительно делают шероховатыми в местах нанесения серебра протравливанием плавиковой кислотой или зачисткой абразивным или алмазным карандашом.

Затем изделие тщательно обезжиривают бензином и протирают спиртом и, наконец, многократно промывают дистиллированной водой.

Пасты содержат обычно в качестве связующего канифоль.

Приводим несколько составов паст с серебром для покрытия керамических изделий (в вес. частях):

1. Металлическое коллоидное серебро	10
Канифоль	0,25
Скипидар	0,1
Борносвинцовый флюс	0,5
2. Металлическое коллоидное серебро	10
Канифоль	0,25
Скипидар	0,1
Бура	0,5
3. Углекислое серебро	3
Азотнокислый висмут	0,5
Канифоль	0,075
Скипидар	0,05
4. Окись серебра	3
Азотнокислый висмут	0,5
Канифоль	0,075
Скипидар	0,03

¹ Процесс вжигания серебра на керамические изделия разработан инженером Самохиной.

Для приготовления пасты предварительно готовят флюс, который растворяют в агатовой ступке или на стекле курантом. Затем в мелко растертый флюс добавляют порошкообразное серебро. Флюс и серебро тщательно смешивают в сухом виде, после чего добавляют канифоль и скипидар и растирают в тонкую массу.

Пасту наносят ровным слоем на сухую керамику, фаянс или фарфор кисточкой и сушат в течение 3—4 часов при комнатной температуре, затем еще в течение 3—4 часов в сушильном шкафу при температуре 30—40°. Подготовив изделие, приступают к вжиганию серебра в муфельной печи. Вжигание производят в течение 1—2 часов, после чего изделие охлаждают в муфеле до температуры 50—60°. Вжигание серебра обычно производят дважды, что дает возможность получать слой толщиной до 8—10 мкм.

Температура вжигания серебра зависит от материала керамики и составляет примерно 750—850°. При температуре плавления глазури (850—950°) оптимальной является температура вжигания примерно в 600—650°. Температура вжигания серебра не должна быть значительно выше температуры плавления серебра (960°); уже при температурах выше 900—950° серебро заметно испаряется.

Важным фактором при вжигании серебра является окислительная среда в печи. Наиболее удобно пользоваться трубчатыми электропечами с применением достаточно интенсивной вентиляции.

При монтаже деталей путем припайки к нанесенной металлической планке следует пользоваться припоями с низкой температурой плавления (не выше 180°).

Электропроводящие слои для гальванопластических форм

Поверхности, на которые наносят электропроводящие слои¹, обычно состоят из восковой композиции или из гипса, пропитанного озокеритом.

Способы нанесения проводящих слоев могут быть подразделены на четыре основных вида: механический, химический, термический и восстановление металлов в вакууме.

Последние два способа редко применяются в художественной гальванопластике.

Механическое нанесение электропроводящего слоя

К указанному способу относится натирание форм графитовой пудрой или покрытие их металлическими порошками, такими, как, например, бронзовым, алюминиевым или серебряным, применяемым в редких случаях.

¹ Исследования в области выбора и нанесения проводящих слоев проводились инженерами Б. Я. Казначей и Н. Н. Балашовым.

Из указанных проводящих материалов наиболее распространенным в технике художественной гальванопластики является графитовый порошок.

При выборе графитового порошка следует обращать внимание на чистоту графита, который не должен содержать частиц песка или окислов железа. Выбираемый графит для проводящего слоя не должен быть очень мелким. Кроме этого следует применять качественный графит, в котором содержится не менее 92% углерода.

Главным недостатком графита как электропроводящего материала для гальванопластических форм является его высокое омическое сопротивление, которое может колебаться от 350 до 2000 *ом*, что зависит от сорта графита, его чистоты и влажности (33).

Для уменьшения омического сопротивления графита его сушат при температуре не выше 350°С. Время сушки графита в зависимости от температуры может быть различным. Чем ниже температура, тем длительнее процесс сушки: при 350° время сушки 15 минут, при 65° — 4 часа, при 25° — около 24 часов.

Графитирование форм для гальванопластики можно производить сухим способом, т. е. натиранием кистью или тампоном, и «мокрым», который практикуется главным образом при нанесении графита на пластмассовые формы или на поверхности металлируемых готовых изделий из пластических масс.

Применяя «мокрый» способ, готовят графитовую суспензию с растворителем для данной пластмассы, например, на дихлорэтане (для акрилата). «Мокрый» способ графитирования состоит в том, что форму или изделие из пластмассы быстро погружают в графитовую суспензию. Суспензия не должна быть густой, иначе графит может не проникнуть в тонкопрофилированные детали рельефа формы или изделия. Наносить суспензию следует максимально тонким слоем.

При работе с суспензией, ее следует взбалтывать, иначе графит будет очень быстро осаждаться на дно сосуда.

По другому способу (для термостойких форм) графит рекомендуется наносить на разведенном клее БФ-2 или БФ-4. Для этого клей разжижают спиртом. Состав должен содержать 25% клея и 75% спирта. Соотношение клея и графита следующее: 1 весовая часть графита и 2—3 весовых части клея.

Графитирование производят нежесткой кистью. После графитирования форму сушат при комнатной температуре, затем при 40—50° в течение 30 *мин* и 10—15 *мин* при температуре 125—140° для полимеризации клея.

Для создания качественного электропроводящего слоя графитирование по указанному способу рекомендуется проводить не менее двух раз.

Вышеуказанные способы нанесения электропроводящего слоя, состоящего из графита, могут быть применимы и при замене графита бронзовым или алюминиевым порошком.

Химическое нанесение электропроводящего слоя

Выше описывались способы нанесения электропроводящего слоя на формы и изделия на основе серебра.

Следует также рекомендовать применение электропроводящего никелевого слоя, который наносится из водного раствора сернистого никеля и пиридина при восстановлении металлического никеля гидросульфитом натрия. Восковая или иная форма из непроводящего материала, предварительно обрабатывается двуххлористым оловом, после чего форму покрывают слоем никеля в растворе следующего состава:

Сернистый никель (1%-ный)	100 мл
Пиридин (0,5%-ный)	по объему
Гидросульфат натрия (62%-ный)	6 г

Температура раствора 30°; pH = 6,6.

Время осаждения металла 3 часа. Осажденный слой обладает хорошей адгезией даже при отсутствии обработки формы двуххлористым оловом.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. «Об изобретении гальванопластики». — «С-Петербургские ведомости», 1838, 24 декабря, № 23.
2. «Гальванопластика, изобретение, сделанное в России». — «Северная пчела», 1839, № 236.
3. Ленц Э., Разбор сочинения адъюнкта Академии наук Якоби: «Гальванопластика». — «IX присуждение Демидовских наград», 1840.
4. Якоби Б. С., Гальванопластика, или Способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов с помощью гальванизма, Спб., 1840.
5. «Отечественные записки», 1842, т. XXI, отд. VIII.
6. «Отечественные записки», 1843, т. VI, отд. VIII.
7. Ф. З., Практический курс гальванопластики, Спб., 1844.
8. «Дела комиссии при строительстве Исаакиевского собора за 1829—1849 гг.».
9. Даль Ф., Руководство к гальванопластике для художников и любителей нумизматики, Спб., 1856.
10. Федоровский И., Записки практического курса гальванопластики, Спб., 1867.
11. Архив АН СССР, ф. 187, оп. 1, № 243 (рукописи Якоби).
12. Публичная лекция Якоби в Париже в 1867 г. Париж, 1867, т. VII.
13. Якоби Б. С., Отчет о гальванопластике на Парижской всемирной выставке 1867 г., Спб., 1869.
14. Владимировский А. С., Очерк истории гальванопластики, М., 1869.
15. Якоби Б. С., Донесение о гальванопластических приемах. — «Записки Академии наук», 1869, т. XV.
16. «Борис Семенович Якоби». — «Новое время», 1874, 3 марта, № 59.
17. Вильд Г. И., О жизни и ученых трудах академика Б. С. Якоби. — «Записки Академии наук», 1875, т. XXVIII, кн. 1.
18. Россовский Н., Гальванопластика, или Искусство получения металлических слепков с печатей, монет, медалей, орнаментов, бюстов и т. д., Спб., 1881.
19. Крыжановский Д., Самоучитель гальванопластики, Харьков, 1887.
20. «Выставка гальванопластики» (каталог), Спб., 1889.
21. Серафимов В. и Фомин М., Описание Исаакиевского собора в С.-Петербурге, изд. 1, Спб., 1865; то же, изд. 2, 1889.
22. Гальванопластическая выставка в память 50-летия открытия гальванопластики академиком Б. С. Якоби. Речь М. М. Дешева. — «Записки Русского технического общества», Спб., 1889, т. XXIII, № 4, стр. 1—15.
23. Ильин А. А., Борис Семенович Якоби, Спб., 1889.
24. Денисовский М. М., Гальванопластика, Спб., 1893.
25. Рейхель Н. А., Применение гальванопластики к графическому искусству, Спб., 1895.
26. М. Д., Справочная книга по гальванопластике, Спб., 1895.
27. Лангбейн Г., Полное руководство к осаждению металлов гальваническим путем, Спб., 1895; то же, изд. 2, 1909.
28. Петров М. П., Гальванопластика, Спб., 1901; то же, 1914.
29. Графиньи, Гальванопластика, изд. журн. «Богатство», 1906; то же, 1916.
30. Федоров П. А., Гальванопластика и гальваностегия, Спб., 1913.
31. Мюнцер И., Гравирование и художественная отделка металлов, М., 1915.

32. Ениш П., Практическое руководство по гальванопластике, Спб., 1915.
33. Баймаков Ю. В., Электролитическое осаждение металлов, Л., 1925.
34. Изгарышев Н. А., Гальванопластика и гальваностегия, М., 1926.
35. Алабычев П. В., Гальванотехника, Л., 1929.
36. Боголепов М. А., Гальванопластика и гальваностегия. М., 1918; изд. 2, 1931.
37. Никлиевич В., Гальванопластика, Харьков, 1932.
38. Белов М. В., Гальванотехника, М., 1932.
39. Изгарышев Н. А., Электрохимия цветных и благородных металлов, М., 1933.
40. Модзалевский Л. Б., Обзор архивных материалов. Архив академика Якоби Б. С., Л., 1934.
41. «К столетию открытия гальванопластики». — Журн. «Природа», 1938, № 11—12.
42. «Гальванопластика и гальваностегия». — Бюллетень конторы «Металлохимзащита», 1938, т. IV, № 5—6.
43. Кудрявцев Н. Т., Гальванотехника, М., 1940.
44. Регирер Е. И., Граммофонная пластинка, М., 1940, глава IX «Изготовление матриц».
45. «Получение трафаретов для росписи по фарфору». — Журн. «Керамический сборник», 1940, № 8.
46. Левич В., О прохождении тока через растворы электролитов. Коллоидно-электрохимический институт АН СССР, диссертация, 1943.
47. Гоппиус А. Е., Исследование процессов электролитического отложения меди и разработка технологии производства тонкостенных трубок гальванопластики, М., 1946.
48. Никитин Н. П., Проектирование и строительство Исаакиевского собора и Александровской колонны, М., 1946.
49. Нуркас М. М., Изготовление стереотипных и гальванопластических печатных форм, М., 1947.
50. Федотьев Н. П., Алабышев А. Ф., Григор В. А., Руководство к лабораторным работам по прикладной электрохимии, М., 1949.
51. Гинберг А. М., Гальванопластическое изготовление точных полых деталей, М., 1949.
52. Хомяков В. Г., Машовец В. П., Кузьмин Л. Л., Технология электрохимических производств, М., 1949.
53. Ефремов Д. В., Пионер электромашиностроения акад. Б. С. Якоби. — «Вестник электропромышленности», 1949, № 2.
54. Радовский М. И., Борис Семенович Якоби, М., 1949.
55. Rich L.-A., The future of electroforming. — «Journal of Chemical», 1942, vol. 19, p. 386 (Перспективы гальванопластики).
56. Stuart A.-H., Electroforming. — «Metal Industry», 1945, 13/IV, vol. 66, N 15, p. 236 (Гальванопластика. Осаждение металла на восковых моделях).
57. Gluaser H.-R., Precision metal parts produced by electroforming. — «Materials and Methods», 1946, VII, vol. 24, N 1, p. 112—116. (Изготовление точных металлических деталей гальванопластикой).
58. Stuart A.-H., Electroforming. — «Electroplating», 1947, XII, vol. 1, N 2, p. 45—48, 70 (Гальванопластика. Три метода изготовления изделий).
59. Ollard E.-A., Electroforming. — «Metal Industry», 1947, vol. 70, N 1, p. 6—8; N 3, p. 51—53, N 5, p. 86—88; N 7, p. 126—128 (Гальванопластика. Применение для производства декоративных деталей).
60. Safranek W.-H., Dahle F.-B., Faust C.-L., Electroforming. A literature review and a new application. — «Plating», 1948, vol. 35, N 1, p. 39—48 (Гальванопластика. Литературный обзор и новые области применения).
61. Mehl E., Separating films. — «Metal Industry», 1949, 8/IV, vol. 74, N 14, p. 268—269 (Разделительные слои. Получение изделий способом гальванопластики).
62. «Electroforming difficult shapes». — «Industrial Finishing», 1949, vol. IV, p. 553—557 (Получение деталей сложной формы методами гальванопластики).
63. Федоровский И. М., Записки практического курса гальванопластики, Спб., 1876.

64. Сб. «Технология цветных металлов и сплавов», М., 1947.
65. Рубцов Н. Н., История литейного производства в СССР, ч. 1, М., 1947.
66. Эйдлин А. Л., Авторское свидетельство № 136124, 1935.
67. Морхов С. Д., Золочение листами золота, через огонь и гальваническим способом. Диссертация, М., 1950.
68. «Исторические записки», 1941, № 12.
69. «Металлург», 1936, № 2.
70. Кунтский Л. А., Серебряная вода. Киев, 1946.
71. Томас Смит, Путешествие и пребывание в России в 1604 г., Спб., 1883.
72. Рыбаков Б. А., Ремесло Древней Руси, М., 1948.
73. Лабзин Н., Производство металлических изделий, Спб., 1896.
74. «Роспись вещам, выставленным в Первую публичную выставку Российских изделий в С.-Петербурге в 1829 г.», Спб., 1829.
75. «Журнал Главного управления», т. XXX, Спб., 1859.
76. «Журнал прикладной химии», т. XIV, вып. 16, 1946.
77. Калиш М. К., Естественные защитные пленки на медных сплавах, М., 1971 (Коррозия и сохранение памятников искусства).

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	3
Глава I. <i>Исторический очерк</i>	5
Изобретение, первое применение и усовершенствование гальванопластики	5
Изобретение гальванопластики	5
Первое промышленное применение гальванопластики	9
Развитие и усовершенствование гальванопластики	12
Развитие русской монументально-декоративной гальванопластической скульптуры	14
Гальваноскульптура Исаакиевского собора	15
Гальванопластическая садово-парковая скульптура	18
Роль русской гальванотехники в развитии декоративной гальваноскульптуры	21
Глава II. <i>Общая характеристика художественной гальванотехники</i>	24
Классификационные признаки художественной гальваноскульптуры	24
Общая схема репродуцирования скульптуры	26
Другие виды применения гальванотехники в декоративном искусстве	30
Глава III. <i>Изготовление форм</i>	32
Требования, предъявляемые к формам	32
Гипсовые формы	32
Изготовление черновых форм	32
Изготовление кусковых и монолитных форм	34
Изготовление сложных гипсовых форм	38
Приемы пропитки и изоляции гипсовых форм	39
Восковые формы	41
Рецепты восковых композиций	41
Изготовление форм для барельефной и медальерной скульптуры	43
Изготовление форм для мемориальных досок	46
Изготовление восковых копий моделей для наращивания по верху	47
Формы из высокополимеров	49
Изготовление эластичных форм из полихлорвинилового и каучукового латекса	49
Изготовление эластичных форм на основе полихлорвинилового смолы	50
Изготовление эластичных акриловых форм	51
Изготовление целлулоидных форм	53
Изготовление эластичных каучуково-олифных форм	54
Изготовление эластичных клеевых моделей	55
Металлические формы	55
Изготовление форм из листового свинца	55
Изготовление алюминиевых форм	56
Изготовление форм из легкоплавких сплавов	58

Глава IV. Нанесение электропроводящего слоя на формы	60
Способы металлизации	60
Механические способы	60
Подготовка графита	60
Особенности нанесения графита на различные формы	62
Нанесение металлических порошков	65
Химические способы	66
Нанесение серебряной пленки	66
Нанесение медной пленки	68
Катодное распыление	69
Установка для катодного распыления	69
Способ работы	70
Глава V. Основы электрохимии и гальванотехники	73
Растворы	73
Законы электролиза	74
Электрохимический потенциал металлов	76
Строение отложенного металла	77
Гальваническая установка	79
Составы медных электролитов и режимы отложения	80
Нанесение разделительного слоя	83
Глава VI. Электролитическое наращивание	86
Зарядка форм	86
Загрузка форм в ванны	88
Условия получения равномерного отложения металла	89
Перемешивание электролита	97
Фильтрация электролита	99
Глава VII. Специальные приемы использования гальванотехники	101
Особенности медальерного репродуцирования	101
Изготовление рельефного текста для медалей	103
Изготовление контррельефов	107
Точное литье скульптур из пластических масс	111
Изготовление матриц с церофановых моделей	112
Глава VIII. Монтировочные работы	114
Монтировка скульптуры	114
Монтировка медалей	116
Пример специальной монтировки художественных изделий	119
Глава IX. Декоративная отделка скульптуры	121
Значение отделки	121
Подготовка скульптуры к отделке	122
Глава X. Декоративная отделка меди и медных сплавов	124
Патинирование скульптуры	125
Техника нанесения патины посредством применения растворов	127
Оксидирование скульптуры	134
Окрашивание меди в яркие цвета	140
Практические приемы тонирования скульптуры и художественных изделий из металла	145
Глава XI. Отделка художественных изделий золотом	147
Тонирование художественных изделий из золотых сплавов способом «открашивания»	148
Цианистые электролиты для желто-оранжевого золочения	150
Бесцианистые электролиты для желто-оранжевого золочения	153
Получение цветных декоративных эффектов при гальваническом золочении	154
Снятие золотых покрытий	157

Выбор подслоя для золотых покрытий	157
Практические приемы золочения художественной бронзы	160
Глава XII. Отделка художественных изделий серебром	162
Гальваническое серебрение	164
Электролиты для серебрения	167
Отделка художественных изделий из металла блестящим серебром	169
Декоративное оксидирование серебра и серебряных покрытий	171
Техника нанесения черни	172
Снятие оксидной пленки	176
Защита серебра от потемнения	176
Гальваническое латунирование	177
Гальваническое меднение	178
Анодирование и окрашивание (тонирование) художественных изделий из алюминиевых сплавов под цвет бронзы	178
Глава XIII. Декорирование металлом непроводников и нанесение электропроводящего слоя	180
Электропроводящие слои для гальванопластических форм	183
Механическое нанесение электропроводящего слоя	183
Химическое нанесение электропроводящего слоя	185
Библиография	186