

Н. В. ОДНОРАЛОВ

Занимательная ГАЛЬВАНOTEХНИКА



ПРОСВЕЩЕНИЕ • 1965

Н. В. ОДНОРАЛОВ

Занимательная ГАЛЬВАНOTEХНИКА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

Пособие для учащихся

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

Москва 1965

ОТ АВТОРА

Книга «Занимательная гальванотехника» предназначена для учащихся. Мы назвали её занимательной, так как в ней описаны наиболее эффективные декоративные отделки металла и изготовление гальванопластикой различных декоративных металлических изделий.

Юные читатели этой книги найдут самые различные способы декоративных отделок металла: серебрение, никелирование, хромирование и другие покрытия, а также способы цветного оксидирования металла в красивые яркие цвета.

Технология и рецептура, предлагаемые в «Занимательной гальванотехнике», просты, практически проверены автором и могут быть легко освоены школьниками, знакомыми с элементарными основами химии и электротехники.

Мы считаем, что данная книга, носящая прикладной характер, может быть использована юными техниками во Дворцах пионеров, а также может явиться пособием для школ на уроках химии и при организации производственного обучения школьников.

ИСТОРИЯ И ЦЕЛЬ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Много веков прошло, пока человек сумел расплавить металл, сделать его текучим и придать металлу посредством заполнения формы любой требуемый вид. Расплавленный металл вливали в каменные формы, сделанные из мягкого камня, жировика-стеатита, который легко поддаётся обработке путём вырезывания и выдалбливания.

Позднее стали применять формы из глины с песком и т. д. Литьё металла стало в настоящее время важным техническим процессом, исходным в обработке металлов.

Современная техника вооружена многими способами литья, но не все существующие способы дают достаточно точное воспроизведение нужной конфигурации в металле: здесь сказываются материал, из которого изготовлены формы, точность их изготовления, усадка металла, деформации, возникающие при неравномерном остывании металла, и т. д.

Поэтому литейщики упорно и безуспешно работают над тем, чтобы получать отливки безукоризненной точности.

Существуют способы придавать металлу требуемую форму и не прибегая к отливке: штамповка, чеканка. Эти способы связаны с изготовлением сложного, дорогого и быстро изнашивающегося инструмента. Так готовят, например, монеты. Изготовить крупные изделия с высоким рельефом этим путём невозможно.

Здесь на помощь приходит гальванопластика, воспроизводящая форму в металле с безукоризненной точностью и любым рельефом. Гальванопластика основана на



Б. С. Якоби.

электролизе водных растворов солей металлов, которые в процессе электролиза выделяют металл, осаждающийся на поверхности формы. Гальванопластику применяют там, где требуется безукоризненная точность изготовления изделий или деталей в металле.

Более ста лет прошло с тех пор, как русский учёный Борис Семёнович Якоби открыл способ электролитического получения копий в металле. Это было выдающееся открытие; в истории культуры оно приравнялось Русским техническим обществом к открытию книгопечатания.

Новый способ был назван гальванопластикой, так как осаждаемая в процессе электролиза медь пластически

точно воспроизводила форму пластинки, на которую осаждалась.

После открытия гальванопластики Б. С. Якоби продолжал работать над усовершенствованием своего открытия и только в 1838 г. продемонстрировал своё изобретение в Академии наук в Петербурге.

С тех пор гальванопластика получила самое широкое распространение.

Вскоре в Петербурге впервые в мире было организовано крупное промышленное гальванопластическое предприятие — завод по изготовлению монументальных скульптур.

Образцы работ русских мастеров, создавших значительное количество гальванопластических художественных изделий, многократно демонстрировались на всемирных выставках в Лондоне, Париже и других городах Европы. В 1867 г. на Всемирной Парижской выставке Б. С. Якоби выступил с отчётом о результатах своих исследований в области гальванопластики, которые не утратили своего значения и поныне.

На Всемирной Парижской выставке были представлены не только художественные изделия и монументальная скульптура, выполненная путём гальванопластики, но и образцы технических изделий, изготовленных этим способом. Их представил последователь Б. С. Якоби Ф. Г. Федоровский.

Россия являлась ведущей страной в техническом развитии гальванопластики с момента её открытия.

Существуют две области гальванопластики. Одна из них занимается осаждением тонкого слоя металла (толщиной в тысячные доли миллиметра) на другой металл для защиты его от ржавления или декоративной отделки, придающей изделию красивый внешний вид. К таким металлическим покрытиям относятся никелирование, хромирование, золочение, серебрение и многие другие покрытия. Эта область гальванотехники называется **гальваностегией**. Задача её — получить возможно более крепкое соединение откладываемого металла с исходным металлом.

Другая область гальванотехники, которую мы будем описывать в этой книге, называется **гальванопластикой**; она занимается осаждением металлов толстыми слоями (измеряемыми в миллиметрах), причём осаждение ме-

талла производится с целью последующего отделения от покрываемой металлом формы, поэтому крепкого соединения здесь не нужно, изделием является сам отложенный слой металла.

Гальванопластическим способом можно изготовить самые разнообразные художественные изделия.

Формы для отложения готовят не только из металла, но и из материалов, не проводящих электричества (например, из гипса, воска, пластических масс), для чего их делают предварительно электропроводными.

Гальванопластику используют не только в промышленности, где изготавливают этим способом детали машин и приборов, но и в искусстве, где создают копии скульптур и различных художественных изделий из металла.

Гальванопластика является одним из важных методов в полиграфической промышленности, где техника изготовления клише — гальваностереотипов — значительно повышает качество печати книг и иллюстраций. Копирование гравюр на дереве, линолеуме и т. п. до сего времени осуществляется только гальванопластически.

С помощью гальванопластики изготавливают также матрицы, которыми прессуют из пластмассы граммофонные пластинки.

Области применения гальванопластики в технике обширны и разнообразны: она применяется везде, где точность воспроизведения литья или штамповки оказывается грубой и недостаточной.

Каждый школьник, построив гальванопластическую установку, сумеет не только снимать копии с художественных металлических, гипсовых, пластмассовых и других изделий, но и, умея лепить в пластилине или глине, сможет свои работы затем переводить в металл гальванопластическим способом.

Гальванопластическим способом можно выполнять множество интересных работ.

Делать обычные кружева металлическими и ими украшать деревянные изделия, шкатулки, ларцы и т. п., изготавливать филигранные — ажурные подстаканники, хлебницы, создавать ювелирные изделия — например, броши, браслеты, делать ажурные рамки для фотографий и многие другие красивые изделия.

Гальванопластическим способом можно отделять изделия из пластических масс и стекла, наращивая металл по заранее нанесённому на них рисунку.

Применять гальванопластику можно и для получения металлических гербариев, делая оттиски на воске с живых растений и затем наращивая на восковые отпечатки металл. Можно металлизировать гальванопластическим способом насекомых: жуков, бабочек и т. п.

Таким образом, занимательная гальванопластика в школе и дома может найти самое широкое применение не только своей занимательностью и практическим изучением электрохимии, но и созданием изделий прикладного и декоративного искусства.

Гальванопластический способ получения художественных изделий в металле отличается от литья тем, что может применяться в условиях лабораторий, физических или химических кабинетов школ, на станциях юных техников, а также в домашних условиях в отведённом и оборудованном для этого месте. Этот способ не требует сложного или недоступного оборудования и материалов; всё, что требуется для выполнения гальванопластических работ, вполне может быть найдено среди школьных приборов и реактивов или на станциях юных техников, а при создании гальванопластической мастерской в домашней обстановке может быть приобретено в магазинах (медный купорос, серная кислота).

Описываемые практические работы в «Занимательной гальванотехнике» доступны каждому школьнику, знакомому с элементарными основами химии и физики.

Книга «Занимательная гальванотехника» состоит из двух разделов: гальванопластики, где описаны способы получения копии с художественных изделий в металле, и гальваностегии, где описаны способы декоративной отделки этих изделий, путём оксидирования — придания соответствующего цвета изделиям или покрытия их серебром, никелем и другими металлами, придающими гальванопластическим изделиям красивый внешний вид.

ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Металлы, применяемые в гальванопластике, выделяются из водных растворов их солей; медного купороса, железного купороса и других.

Молекулы этих солей, растворяясь, подвергаются электролитической диссоциации, т. е. распадаются на ионы, несущие положительные и отрицательные заряды.

Вещества, распадающиеся при растворении в воде на ионы, называют электролитами. В технике для простоты электролитом называют самые растворы этих веществ. Если в электролит погрузить два электрода и присоединить их к полюсам источника постоянного тока (рис. 1), например к гальванической батарее или аккумулятору, причём к отрицательному полюсу подключить форму, проводящую электрический ток, а к положительному — пластину из того металла, из которого мы хотим получить металлическое изделие, то будет происходить электролиз.

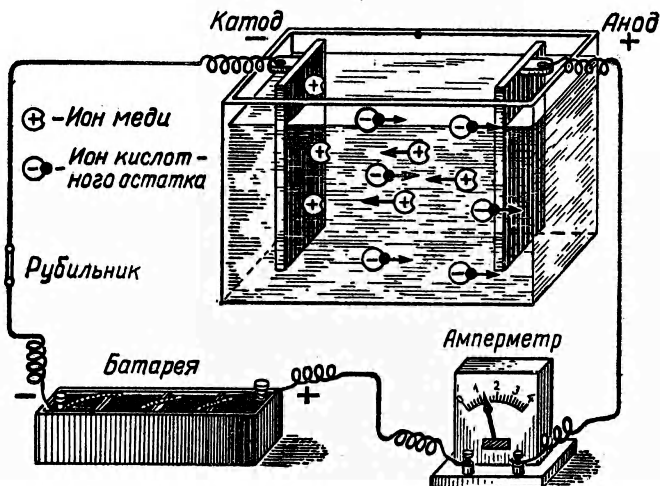


Рис. 1. Гальваническая ванна.

При этом положительно заряженные ионы будут двигаться к отрицательному полюсу (в нашем случае к форме), называемому катодом, а отрицательно заряженные ионы будут двигаться к положительному полюсу, называемому анодом.

В гальванопластике для получения медного электролита наиболее распространён медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). При прохождении электрического тока

через водный раствор медного купороса ионы меди (Cu^{2+}), являющиеся катионами, несут положительные заряды, а кислотный остаток (SO_4^{2-}), являющийся анионом, несет отрицательные заряды. В результате разряда на катоде (т. е. в форме) выделяется металлическая медь, а на аноде — кислотный остаток, образующий серную кислоту.

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

М. Фарадей установил, что количества химических веществ, выделившихся на электродах, прямо пропорциональны количеству электричества, прошедшего через электролит.

Если, например, через электролит пропустить ток силой в 1 а в течение 1 часа, то на катоде выделится такое же количество металла, какое выделится при прохождении тока силой в 10 а в течение 0,1 часа.

Фарадей установил также, что количества веществ, выделенные на электродах равными количествами электричества, относятся друг к другу как химические эквиваленты этих веществ. Эквивалентный вес равен атомному весу, делённому 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 63,57, медь двухвалентна, поэтому эквивалентный вес её $63,57 : 2 = 31,78$.

Для выделения грамм-эквивалента (грамм-эквивалентом называется число граммов, равное эквивалентному весу) любого металла должно пройти количество электричества, равное 26,8 а·ч (ампер-часам). Таким образом, от протекания 1 а·ч согласно закону Фарадея выделяется:

$$1 : 26,8 = 0,0373 \text{ г экв.}$$

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

При пользовании этой таблицей для определения количества металла, выделяющегося при определённой силе тока за какой-либо отрезок времени, надо умножить

Таблица 1

Выделяемый металл	Ион	Грамм-эквивалент (атомный вес : валентность)	Количество металла (в г), выделяемое 1 а.ч (0,0373 г-экв)
Медь . .	Cu $\begin{array}{c} \text{+} \text{+} \text{+} \end{array}$	63,57 : 2 = 31,79	1,186
Никель . .	Ni $\begin{array}{c} \text{+} \text{+} \text{+} \end{array}$	58,69 : 2 = 29,34	1,094
Железо . .	Fe $\begin{array}{c} \text{+} \text{+} \text{+} \end{array}$	55,84 : 2 = 27,92	1,042
Золото . .	Au $\begin{array}{c} \text{+} \end{array}$	197,20 : 1 = 197,20	7,357
Серебро . .	Ag $\begin{array}{c} \text{+} \end{array}$	107,88 : 1 = 107,88	4,025
Водород . .	H $\begin{array}{c} \text{+} \end{array}$	1,008 : 1 = 1,008	0,0376

величину, взятую из последней колонки, на силу тока в амперах и на время электролиза в часах.

Так, например, для определения количества меди, выделяющейся на катоде при силе тока 8 а за 3 часа электролиза, необходимо перемножить числа:

1,186 — число грамм меди, выделяющейся при силе тока в 1 а за час электролиза;

8 — сила тока в амперах;

3 — время электролиза в часах.

Получаем:

$$1,186 \cdot 8 \cdot 3 = 28,464 \text{ г.}$$

Таким образом, при непрерывной длительности электролиза вес отложившегося металла зависит от силы тока. Сила тока, отнесённая к единице поверхности электрода, называется плотностью тока; она измеряется в амперах на квадратный дециметр (а/дм^2).

Ввиду того, что плотность электролитической меди составляет $8,9 \text{ г/см}^3$, в приведённом примере будет выделено $28,464 : 8,9 = 3,18 \text{ см}^3$. Если мы разделим это число на площадь поверхности изделия (например, в данном случае она равна 1 дм^2 , т. е. 100 см^2), получим толщину отложенного слоя меди, в нашем примере 0,31 мм.

ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА И РЕЖИМ РАБОТЫ

Гальванопластические работы производят в сосудах-ваннах, имеющих обычно прямоугольную форму. Но могут использоваться сосуды и других геометрических форм.

Ёмкость сосудов-ванн определяется объёмом тех предметов, которые репродуцируют. Для снятия копии с ме-

далее могут использоваться стеклянные цилиндрические банки ёмкостью 4—5 л, а при репродуцировании небольших барельефных работ — 10—20 л.

Для ванн могут применяться не только стеклянные сосуды, но и керамические — глазурованные, пластмассовые, в частности коробки от аккумуляторов, а также деревянные ящики, прочно покрытые горячим битумом.

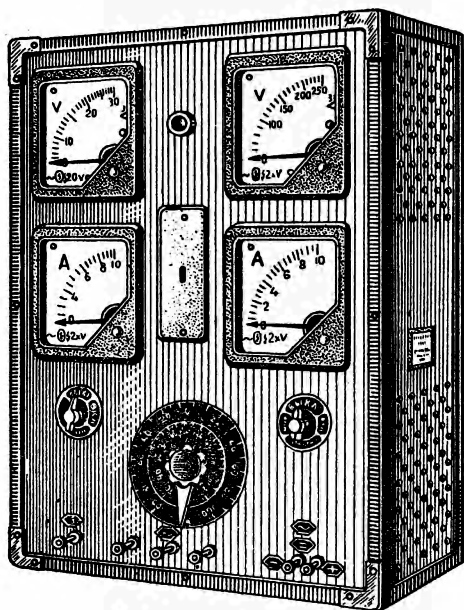


Рис. 2. Школьный электрораспределительный щит (ШЭ-56).

Для электролиза в гальванотехнике применяют постоянный ток низкого напряжения, обычно от 3 до 6 в.

Для получения постоянного тока можно пользоваться селеновыми или купроксными выпрямителями.

Для школьных условий может быть рекомендован выпрямитель школьного электрораспределительного щита (рис. 2).

Для гальванопластических работ, производимых в домашних условиях, могут применяться аккумуляторы или жидкостные гальванические элементы типа Лекланше, Даниэля и др.

Для регулирования силы тока, которая определяется в 1—2 а на 1 дм² формы, применяют ползунковые или водяные реостаты.

Для измерения силы тока устанавливают амперметр постоянного тока, а для наблюдения за напряжением — вольтметр.

Форму и медный электрод (анод) подвешивают в ванну на подвесках, медный электрод — на медном или латунном проволоочном крючке так, чтобы отверстие в электроде и крючок не касались электролита во избежание разъедания крючка. Форма подвешивается на медной или латунной проволоке на расстоянии 15—20 см от электрода.

Электродом, соединённым с положительным полюсом источника (анодом), для медной гальванопластической ванны служит медная пластина толщиной от 3—4 мм и больше.

Электродом, к которому присоединяется отрицательный полюс постоянного источника тока (катодом), служит форма.

Форму из воска или гипса предварительно делают электропроводной, покрывая слоем, проводящим электрический ток, — графитом; этот слой и присоединяют к отрицательному полюсу. Слой графита соприкасается с проложенной проволокой.

СОСТАВ ЭЛЕКТРОЛИТА И ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЕ

Медный электролит для гальванопластических работ готовят на основе медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) с добавкой серной кислоты (H_2SO_4), повышающей электропроводность.

Для приготовления медного электролита отвешивают медный купорос из расчёта на каждый литр воды 200—250 г. Растворение купороса лучше всего вести в горячей или тёплой воде. После полного охлаждения раствора и доведения его до комнатной температуры электролит фильтруют через ткань и затем в него осторожно вливают серную кислоту. Серную кислоту следует вливать

Таблица 2

Оборудование и материалы для гальванической установки

Оборудование	Материалы
1. Источник постоянного тока. Выпрямитель селеновый на 4—6 в, 10—20 а, или аккумулятор 4—6 в; или гальванические батареи 4—6 в; или школьный электрораспределительный щит (ШЭ-56) 2. Вольтметр постоянного тока на 6—10 в 3. Амперметр постоянного тока 10—20 а 4. Анод медный (лист меди толщиной 2—3 мм и более). Размер листа в зависимости от размеров формы. Анод должен быть не меньше размеров формы 5. Электропровода	1. Медный купорос (из расчёта 200 г/л электролита) 2. Серная кислота (из расчёта 30 г/л электролита) 3. Воск, церезин, гипс для изготовления форм 4. Графит

медленно, тонкой струёй, во избежание быстрого разогревания электролита и разбрызгивания, что может вызвать тяжёлые ожоги.

В медных сернокислых ваннах содержание серной кислоты поддерживают в пределах 30—35 г/л.

Растворимость медного купороса значительно снижается с увеличением содержания серной кислоты. При наличии повышенного содержания медного купороса он выкристаллизовывается на стенках ванны и, что хуже, на аноде, затрудняя процесс электролиза.

Избыток серной кислоты в ванне вызывает хрупкие и недоброкачественные отложения меди из-за включения водорода, интенсивно выделяющегося на катоде, особенно при работе с повышенными плотностями тока. При недостаточной концентрации серной кислоты в электролите образуется рыхлый и пористый осадок меди, непригодный для практических целей (табл. 3).

Кроме медного купороса и серной кислоты, для повышения качества гальванопластической меди применяют добавки, например спирт в количестве 8—10 г/л. Добавка спирта значительно улучшает качество меди, делая её мелкокристаллической, более твёрдой и упругой.

Таблица 3

**Отклонения, наблюдаемые при работе
медного электролита, и меры их устранения**

Ненормальность	Причина	Способ исправления
Остаток с неровной поверхностью, покрытой мелкими наростами и дендритами (шишковатость)	Электролит загрязнён 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	1) Мало кислоты. 2) Мало медного купороса, электролит слишком разбавлен	Добавить серной кислоты и медного купороса, руководствуясь результатами химического анализа
Крупнокристаллический осадок. Отложение сернистой меди на аноде	Избыток купороса	Разбавить электролит водой до нормы
Тёмный или красный цвет осадка на краях и углах (горелость)	Слишком большая плотность тока	Уменьшить плотность тока
Тёмный цвет всей поверхности осадка и грубо-шершавая поверхность его	Недостаток кислоты (так как кислота предупреждает образование на катоде закиси меди, которая имеет тёмный цвет и, внедряясь в отложение, делает его шершавым)	Добавить серной кислоты согласно анализу электролита
Чёрные или коричневые полосы на отложении	Электролит загрязнён растворимыми примесями (например, мышьяком, сурьмой) из-за недостаточной чистоты анодов или серной кислоты	Проработать ванну током большой плотности
Блестящие углублённые полосы на поверхности осадка, хрупкость меди	Загрязнение электролита органическими примесями (желатин, клей, смола)	Проработать ванну током, окислить органические примеси перманганатом или активированным углем

Ненормальность	Причина	Способ исправления
Выделение водорода, приводящее к образованию рябых и тёмных отложений	Слишком большая плотность тока (отложение темнеет от закиси меди)	Уменьшить плотность тока

Добавку спирта вводят не более нормы, так как большое количество добавки делает медь хрупкой.

Иногда в электролит могут попадать примеси в виде органических веществ, вредно влияющих на работу электролита. К таким веществам относятся клей, некоторые сорта резины и пр.

Для устранения органических примесей подогретый электролит окисляют марганцовокислым калием (2—3 г на 1 л электролита) или мелко истолчённым активированным углем (2—3 г/л), а затем фильтруют.

В обычных гальванопластических электролитах поддерживают температуру на уровне 18—20°C. Она может повышаться до 25—28°C за счёт выделения теплоты при прохождении электрического тока через электролит.

Фильтрация электролита должно осуществляться возможно чаще, это даёт возможность удалять из ванн осадок — шлам, накапливающийся 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 таких электролитах шлам оседает на дно ванны, но более лёгкие его частицы, находясь во взвешенном состоянии, благодаря конвекции перемещаются к катоду, что может вызвать 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 способствует получению шероховатостей поверхности. Поэтому фильтрация электролита имеет важное значение для получения доброкачественных

отложений меди. Обычно фильтрование производится сифонным переливанием электролита через фильтр из сукна, стеклянного или асбестового волокна.

Техника анализа медного электролита

Содержание серной кислоты определяется путём титрования.

Для определения содержания свободной серной кислоты необходимо иметь приборы: бюретку на 200 мл, пипетку на 1—2 мл, стеклянную палочку, два стеклянных стаканчика и реактивы: раствор 0,2 н. щёлочи (NaOH или KOH) и 0,1-процентный раствор метилоранжа.

Ход анализа

Перемешивают электролит и отбирают в колбу из разных мест ванны некоторое количество электролита; из колбы берут в стаканчик 20 мл электролита и разбавляют водой в 2—3 раза. В разбавленный электролит вносят стеклянной палочкой одну каплю метилоранжа и приступают к титрованию щёлочью до перехода розовой окраски раствора в жёлто-лимонную.

Расчет содержания свободной серной кислоты в электролите производят по формуле

$$x = \frac{A \cdot n \cdot 0,049 \cdot 1000}{B} \text{ г/л,}$$

где x — количество свободной серной кислоты в мг/л;

A — количество раствора щёлочи, пошедшее на титрование пробы в миллиметрах;

B — количество электролита, взятое для анализа, в миллилитрах;

n — коэффициент нормальности раствора щёлочи;

0,049 — коэффициент пересчёта на содержание серной кислоты;

1000 — коэффициент пересчёта на 1 л.

Определение содержания меди

Наиболее простой и быстрый способ определения содержания меди в электролите основан на том, что удельные веса раствора сернокислой меди и серной кислоты

при одинаковой концентрации равны и при смешении этих растворов удельный вес смеси не изменяется. Измерив удельный вес электролита и зная количество серной кислоты в нём, можно по таблице 4 определить количество сернокислой меди. Для определения необходимо иметь ареометр, цилиндр, термометр.

Ход анализа

Электролит размешивают в ванне и наливают в цилиндр. Затем опускают ареометр и определяют удельный вес электролита при температуре 25°C.

После этого по таблице 4 находят общее содержание медного купороса и серной кислоты в соответствии с удельным весом электролита. Зная количество серной кислоты в электролите, по разности находят содержание в нём сернокислой меди.

Пример. Удельный вес электролита при температуре 25° С равен 1,16, что соответствует общему содержанию сернокислой меди и серной кислоты ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) — 268 г/л.

Если по анализу содержание серной кислоты равно, например, 35 г/л, то содержание сернокислой меди составит:

$$268 - 35 = 233 \text{ г/л.}$$

Таблица 4

Удельный вес сернокислого медного электролита в зависимости от общего содержания в нём ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$) при температуре 25°C

Удельный вес электролита	Общее содержание ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) в г/л	Удельный вес электролита	Общее содержание ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) в г/л
1,08	133	1,16	268
1,09	150	1,17	286
1,10	166	1,18	303
1,11	183	1,19	321
1,12	200	1,20	336
1,13	217	1,21	357
1,14	234	1,22	375
1,15	251	1,23	393

ПОЛУЧЕНИЕ МЕДНЫХ СКУЛЬПТУР ТЕХНИКОЙ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Одним из первых применений гальванопластики было изготовление декоративной скульптуры. Техникой гальванопластики в 30—40 годах XIX в. было впервые в России изготовлено значительное количество скульптур, сохранившихся до нашего времени (например, часть скульптур на фасаде Исаакиевского собора в Ленинграде, скульптур в Екатерининском парке города Пушкина и другие).

Своё произведение скульптор обычно создаёт в глине или пластилине. Однако законченное произведение никогда не остаётся в этих материалах, оно передаётся в руки мастеров, переводящих скульптуру в более прочные материалы, не разрушающиеся со временем: медь, бронзу или чугун.

Воспроизведение скульптур в бронзе или чугуне возможно только литейным способом, к сожалению, не дающим возможности получать скульптурное произведение с абсолютной точностью; при отливке ухудшается передача мельчайших штрихов, а вместе с ними и той манеры, в которой воспроизведена лепка.

Для того чтобы воссоздать скульптуру в металле с сохранением всех деталей работы скульптора, прибегают к технике гальванопластики.

Область гальванопластики, занимающаяся репродуцированием скульптур, называется художественной гальванопластикой. Под репродуцированием понимают изготовление копий со скульптур, исполняемых с полным сохранением объёмных размеров и фактуры (характером обработки поверхности).

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 окончательной копии, которую называют репродукцией. Репродукция, изготовленная в металле при помощи гальванопластики, называется гальванорепродукцией.

Термин скульптура применяют не только к крупным монументальным произведениям (например, статуям), но и к меньшим по размерам (например, медалям).

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

Односторонняя скульптура предназначена для рассмотрения с мест, расположенных на центральной оси, перпендикулярной к плоскости фона (барельефы), имеющих низкий рельеф, или отчасти с боковых сторон (горельефы), имеющих высокий рельеф.

Многосторонняя скульптура, обычно называемая объёмной (статуи), может рассматриваться с любого места и со всех сторон, хотя всегда имеет главную, фасадную сторону.

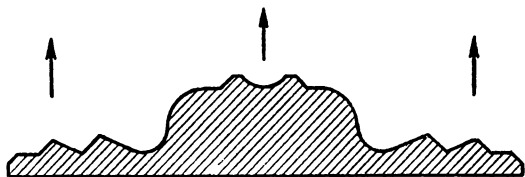


Рис. 3. Схема изделия, работающего на выход.

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.

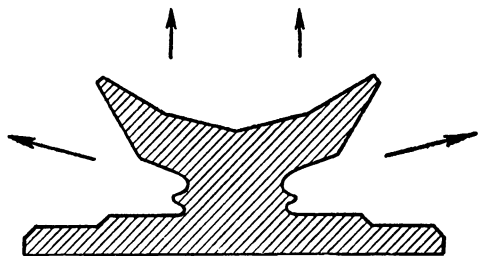


Рис. 4. Схема изделия с «замками».

С точки зрения технологии очень существенное значение имеет подразделение скульптур по признаку разъёмности



Рис. 5. Раковина гипсовой черновой формы.

Очертание называется разъемным, если перемещение его параллельно самому себе и не встречает препятствий ни в одной точке. Так, на рисунке 3 очертание является разъемным в направлении, указанном стрелками, а очертание (рис. 4) не обладает разъемностью ни в каком направлении.

Обычно очертание можно разделить на части, каждая из которых является разъемной. Например, очертание на рисунке 4 можно разделить на три части, разъемные в разных направлениях, как это показано на рисунке.

Пространственные очертания, при разделении которых затруднений не возникает (рис. 3), называются простыми (работающими на выход); пространственные очертания, которые имеют поднутрения, создающие «замки», и потому не могут быть разделены (рис. 4), называются сложными (замковыми).

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

Все рельефы принято характеризовать по исходной модели; прямым рельефом (позитивом) называют копию, имеющую такой же вид, как модель, а обратным рельефом (негативом) — копию, обращённую по отношению к модели, подобно слепку с неё.

Когда репродуцирование производят с плоских скульптур, барельефов или медалей, обычно применяют воск, церезин, озокерит (продукты нефти), гипс и пластилин.

Со скульптур, выполненных в глине или пластилине, обычно снимают из гипса черновые формы, из которых удаляют глиняные модели, разрушая последние. Черновая форма обычно состоит из двух (реже трёх) частей — раковин (рис. 5). С отдельных раковин снимают гальванические копии, которые затем спаивают между собой



Рис. 6. Кусковая гипсовая форма.

так, что получается объёмная металлическая репродукция.

Со скульптур, которые должны быть обязательно сохранены, предварительно снимают кусковые формы, состоящие из значительного числа отдельных кусков, плотно укладываемых в гипсовые кожухи в требуемом порядке (рис. 6).

В практике художественной гальванопластики применяют не только воск, озокерит, пластилин, но и восковой сплав, который состоит из воска-монтана, стеарата натрия, стеарата свинца, стеарата алюминия и стеариновой кислоты¹. Этим восковым сплавом заливают в расплавленном состоянии репродуцируемую модель (главным образом из металла), по остывании восковой состав легко снимается и даёт обратный отпечаток — форму.

Для форм, имеющих низкий рельеф, применяют также и другие материалы, например листовое «органическое стекло» — пластмассу, которую перед прессованием размягчают в горячей воде.

Но из всех форм самыми совершенными, отличающимися абсолютной точностью, являются медные формы, получаемые непосредственно техникой гальванопластики. Восковые и пластмассовые формы пригодны для воспроизведения плоских скульптур: барельефов, орнаментированных блюд, медалей и других художественных изделий и не имеющих «замков» (поднутрений), т. е. изделий, свободно снимаемых с форм — «на выход».

Медные формы, получаемые гальванопластикой, удовлетворяют самым высоким требованиям: они дают точное воспроизведение, обладают высокой электропроводностью, не имеют усадки (особенно свойственной восковым) и многократно могут быть использованы для репродуцирования.

Способ изготовления медных форм заключается в том, что металл наращивают непосредственно на гипсовую или восковую модель. Предварительно, как и при наращивании металла в гипсовую или восковую форму, рельеф модели натирают графитом для придания ей электропроводности.

¹ Этот восковой сплав (монтан) применяют для звукозаписи при изготовлении грамофонных пластинок. Его можно изготовить в школьных условиях.

Нарастив металл на модель, получают её обратное изображение (контррельеф), т. е. форму. Обычно такие формы изготавливают толщиной 2—3 мм.

Подготовка таких форм перед наращиванием в них металла отличается от подготовки восковых, гипсовых или иных неметаллических форм. Такие формы не нуждаются в электропроводящем слое, но зато нуждаются в нанесении на их рабочую поверхность так называемого разделительного слоя, препятствующего срачиванию металла формы с металлом, откладывающимся в процессе электролиза.

Для разделительного слоя используют различные растворы, например раствор азотнокислого серебра.

Для этого 50 г азотнокислого серебра растворяют в 0,5 л воды и смешивают с раствором хлористого натрия (любой концентрации). Выпавшие белые хлопья AgCl отделяют декантированием и растворяют в 5—10-процентном растворе гипосульфита.

Серебрение поверхности формы производят без применения источника электрического тока — за счёт химической реакции: серебро, восстанавливаясь до металлического, покрывает медную форму равномерным тончайшим слоем (толщиной всего в десятые доли микрона); дальнейшее осаждение серебра из раствора прекратится, как только образовавшаяся плёнка серебра прекратит непосредственное соприкосновение меди с раствором серебра.

Этот способ вытеснения одного металла другим за счёт разности их электрохимических потенциалов называется **к о н т а к т н ы м**.

Нанесённый тончайший слой серебра разделяет медь формы от меди, осаждающейся на неё в процессе электролиза, не давая образующимся кристаллам меди срастись с кристаллами медной формы. Чтобы ещё в большей мере воспрепятствовать срачиванию формы, посеребрённую форму дополнительно оксидируют в 2-процентном растворе двуххромовокислого калия или в растворе йода, погружая её в один из этих растворов на несколько секунд, вследствие чего появляется тёмная окисная плёнка.

По получении репродукции требуемой толщины её отделяют от формы с помощью лезвия ножа, вводимого между формой и полученной репродукцией.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ФОРМАМ

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

1) должны легко отделяться от заформованных предметов, давать 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 дополнительной пропитке в озокерите, воске или парафине.

ГИПСОВЫЕ ФОРМЫ

Изготовление гипсовых форм с объёмной скульптуры

Изготовление объёмных форм из гипса для целей гальванопластики при воспроизведении художественной скульптуры не отличается особыми приёмами от обычного формования.

Как уже отмечено выше, черновые формы обычно состоят из двух, иногда трёх кусков — раковин. На рисунке 5 показана основная часть черновой формы для репродукции бюста.

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

Металл наращивается в каждую раковину в отдельности. Для монтирования скульптуры готовят соединительные швы раковин, затем спаивают их.



Рис. 7. Скульптура, изготовленная в черновой форме.

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

Предварительно подготовленные раковины — формы, пропитанные восковым составом и покрытые электропроводящим слоем, точно соединяют одну с другой, стягивают проводом, имеющим изоляцию. Затем пластилином, не содержащим наполнителя и пигмента, изнутри заделывают шов в месте соединения раковин.

Наиболее пригоден для заделки швов жёлтый озокерит: он обладает высокой пластичностью и вязкостью.

Такой же приём 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 всё 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 подгонки раковин.

На рисунке 7 показана скульптура, изготовленная в черновой форме. В её 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 соединённых 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 углублённых местах формы.

Применение обычных черновых форм целесообразно главным образом при изготовлении крупной скульптуры. Отдельные детали можно изготавливать в кусковых формах, а затем готовые детали спаивать между собой.

Изготовление гипсовых форм с барельефов

При изготовлении форм с барельефов, медалей и других художественных изделий, имеющих рельеф без поднутрений («замков»), формы снимают путём заливки моделей гипсом. Для этого гипс засыпают в воду и размешивают его, получая сметанообразную массу.

Предварительно рекомендуется гипс на рельеф нанести кисточкой, с тем чтобы в полученной форме не было не залитых гипсом мест и следов воздушных пузырьков.

Нанеся тонкий слой гипса на поверхность копируемой модели, заливают её разведённым гипсом.

При этом работу следует выполнять достаточно быстро, так как разведённый гипс затвердевает.

При снятии гипсовых форм с гипсовых моделей, последние предварительно должны быть смазаны раствором парафина в керосине.

Смазка этим раствором предотвращает сращивание гипсовой модели с изготавливаемой гипсовой формой.

Гипсовые формы можно снимать не только с металлических, деревянных, пластмассовых моделей, но и с пластилиновых и глиняных. Но в этом случае обычно модели разрушаются из-за пластичности этих материалов.

Во избежание растекания заливаемого гипса вокруг модели устанавливают обичайку (обод) из картона, ватмана или металлической фольги. Когда гипс остынет и окончательно затвердеет, снимают обичайку, подправляют ножом края и делают отверстие в крае формы для электропровода, для подвески и контактирования с отрицательным полюсом источника тока.

Пропитка и изоляция гипсовых форм

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

Перед пропитыванием гипсовые формы должны быть хорошо высушены при равномерном повышении температуры до 50—60° С. 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 сушильном шкафу формы размещают на перфорированном стеллаже (с отверстиями) открытой частью вверх так, чтобы теплота равномерно омывала их снизу, а влага имела выход кверху.

Хорошо высушенная форма должна иметь совершенно белый цвет и издавать при простукивании специфический звук сухого гипса. Сухая форма быстро воспринимает пропитку и не даёт трещин.

Гипсовые формы пропитывают расплавленными восковыми составами с температурой плавления от 50 до 125° С в зависимости от состава пропиточной композиции; предпочтительны составы, имеющие низкую температуру плавления (см. табл. 5). Формы, погружаемые в пропиточный состав, подогревают, при этом воздух, находящийся в форме, вытесняется. 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 и от степени просушенности формы. Чем выше температура пропитывающего состава (а она может быть значительно выше его точки плавления), тем меньше времени можно в нём выдерживать формы. Чем толще стенки формы, тем больше времени требуется для прогрева и пропитывания. Массивные толстостенные формы следует пропитывать не слишком перегретыми составами, чтобы избежать разрушения гипса от перегрева; наиболее пригодны составы с температурой плавления примерно 60—80° С. Таковы, например, составы на галоваксовой, церезиновой, парафиновой и стеариновой основах с добавками канифоли. Пропитывание производят с выдержкой в пропитывающем составе в течение 2—2,5 часов. Тонкие же формы можно пропитывать 20—30 мин.

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 5.

Таблица 5

Температуры плавления различных материалов, служащих для пропитывания гипсовых форм

Наименование материалов	Температура плавления в °С	Наименование материала	Температура плавления в °С
Парафин	49—60	Воск-монтан .	70—80
Церезин	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. сплавах отдельных компонентов, составленных так, чтобы они имели все качества, требуемые от пропитывающих составов. Они должны:

- 1) иметь невысокую температуру плавления;
- 2) хорошо проникать в поры форм;
- 3) не размягчаться при нормальном нагреве электролита;
- 4) обладать хорошим сцеплением с электропроводящими составами, наносимыми на форму;
- 5) не зажировать электропроводящих составов (во избежание повышения омического сопротивления);
- 6) хорошо смачиваться электролитом;
- 7) не реагировать с электролитом;
- 8) иметь высокую температуру вспышки.

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

1. Галовакс	.	.	.	.	.	.	.	.	70
2. Восковая	монтановая	композиция	.	.	.	.	.	.	(темп. пл.
58,5°C)	.	.	.	.	.	.	.	.	30
3. Галовакс	.	.	.	.	.	.	.	.	70
Восковая	монтановая	композиция	.	.	.	.	.	.	15
Канифоль	(темп. пл. 64,5°C)	.	.	.	.	.	.	.	15
4. Галовакс	.	.	.	.	.	.	.	.	85
Канифоль	.	.	.	.	.	.	.	.	5
Стеарин	(темп. пл. 75°C)	.	.	.	.	.	.	.	10
5. Восковая	монтановая	композиция	.	.	.	.	.	.	80
Петролатум	(темп. пл. 82°C)	.	.	.	.	.	.	.	20

ВОСКОВЫЕ ФОРМЫ

Рецепты восковых композиций

Восковые композиции удобны для непосредственной заливки на металлические, смоченные водой во избежание прилипания гипсовые или иные модели, выдерживающие высокие температуры восковых композиций (70—80° С).

Составы восковых композиций приведены в таблице 6.

Ввиду того что свойства веществ, входящих в эти рецепты, очень сильно меняются от образцов к образцу, следует рецепты не копировать слепо, а смело приспосабливать их к конкретным условиям, учитывая при этом особенности отдельных компонентов восковых композиций. Парафин снижает мягкость пчелиного воска, но увеличивает усадку; спермацет облегчает смешение

Таблица 6

Восковые композиции

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

компонентов; введение лишнего стеарина следует избегать, так как он реагирует с электролитом медной ванны; минеральное масло и говяжий жир смягчают композицию, но могут зажиривать проводящий слой. Ещё более сильным смягчающим действием обладает скипидар: он не портит проводящего слоя, но при длительном хранении восковой композиции может улетучиться из неё. Графит в очень незначительной степени повышает электропроводность форм и лишь облегчает последующий процесс графитирования. Оседая во время отлива 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 граммофонных пластинок. Такая композиция имеет следующий примерный состав (в % по весу):

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

Монтажная восковая композиция для звукозаписи наиболее удовлетворяет требованиям, предъявляемым к восковым формам для художественных изделий: она передаёт самые тонкие детали рельефа. При затвердевании масса отличается большой твёрдостью и хорошо

поддаётся механическому и химическому нанесению электропроводящего слоя. Температура плавления композиции 80—90° С.

Из числа композиций, дающих минимальную усадку, рекомендуют следующие (состав в %):

1. Канифоль		70
Воск пчелиный		20
Парафин		10
2. Воск пчелиный		30
Стеарин		70
3. Воск пчелиный		30
Галовакс		5
Шеллачный воск		5

Восковые композиции лучше всего плавить на паровой бане в специальном котле, хуже — на песочной бане, ещё хуже — на слабом огне; надо избегать вспышки воска и его пригорания ко дну сосуда. Необходимо начинать с наиболее легкоплавких компонентов и постепенно вводить более высокоплавкие; с огнеопасными компонентами, такими, как скипидар, следует работать дальше от источника огня, притом вводить их в последнюю очередь. При загрязнении воск следует профильтровать через марлю, а очень тонкие восковые композиции, не содержащие графита, — через шёлк.

Изготовление форм для барельефной и медальерной скульптур

Восковые формы, применение которых обеспечивает высокую точность репродуцирования, применяются главным образом для модельерной 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 распространёнными в технике гальванопластики. Недостатком является усадка восковых композиций, а также невозможность использования восковых форм для многократного репродуцирования.

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

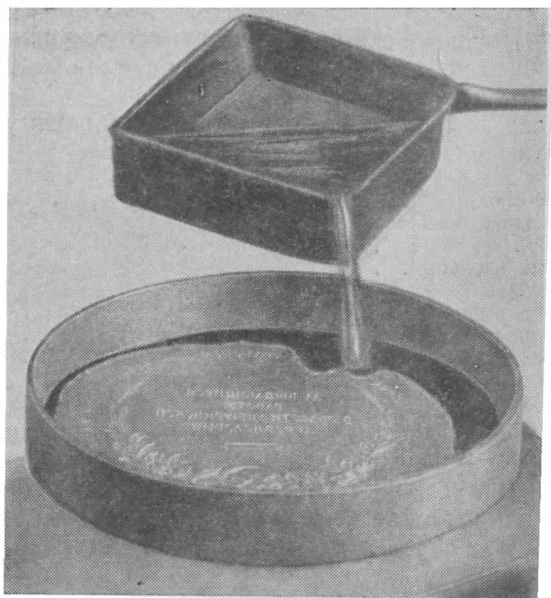


Рис. 8. Заливка восковой формы.

При заливке барельефов, медалей и другой подобной скульптуры используются металлические обичайки в виде колец, прямоугольников 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 рисунке 8 показан момент заливки восковой формы с применением обичайки.

Перед снятием форм с металлической барельефной скульптуры модели должны быть предварительно хорошо протёрты для удаления пыли и подогреты до 50—80° С, после чего модели кладут в обичайку и заливают расплавленным воском. Восковые формы следует отли-



Рис. 9. Модель с бортами.

вать на гладкой мраморной или металлической подложке (листе), на которую кладут газету.

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 барельефа. Это необходимо для укладки проводников на стенки форм и удобства расположения отверстий для груза и контактирующей подвески, а также для того, чтобы при обрезке облоя по периметру наращённой скульптуры можно было бы без затруднений пользоваться ножницами. Модель с бортами достаточной ширины показана на рисунке 9.

Делать борта у форм значительно больших размеров,

чем необходимо для зарядки формы и обрезки облоя у готового изделия, не следует, так как при излишней площади бортов повышаются отходы металла.

Расплавленный воск надо заливать в обичайку равномерной струёй, без брызг; воск следует лить между обичайкой и моделью, постепенно наполняя обичайку воском.

Равномерная и достаточно медленная заливка воска, притом не на модель, а сбоку, даёт 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, например на монтажной основе, понижается примерно до 50—60°C.

Заформованные 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 её.

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 гравёрных моделей.

Изготовление восковых форм для мемориальных досок

При выполнении художественных гальванопластических работ возникают самые разнообразные вопросы, связанные с приёмами формования и изготовления форм. В зависимости от характера скульптуры или художественного изделия эти вопросы решаются в каждом отдельном случае индивидуально.

От правильности формования скульптуры с учётом условий гальванопластической техники (например, без глубоких впадин в сложных профилях, без поднутрений) зависит успех репродуцирования в металле.

Описываемыми способами можно изготавливать металлические доски с надписями и мемориальные доски.

На таких досках обычно имеется текст, рама, часто барельефное изображение (рис. 10).

Мемориальную доску или доску просто с надписью обычно изготавливают следующим образом. На ровный деревянный планшет натягивают ватманскую бумагу, размер которой несколько больше размера изготавливаемой доски, приклеивают края её к планшету; затем увлажняют бумагу водой, при этом она 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 её размерами.

Барельеф и раму выполняют гальванопластически и обрезают по контуру. Буквы для текста выпиливают из пластмассы, не деформирующейся при 60—70°C (температура заливки воска). По разметке на ватманской бумаге буквы наклеиваются на неё нитролаком. Барельеф предварительно заливают с обратной стороны воском для создания правильной плоскости и тоже приклеивают нитролаком. Также устанавливают и раму доски. В случае наличия воздуха под барельефом или другими деталями доски он, выходя наружу, вызывает раковистость на поверхности восковой формы.

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

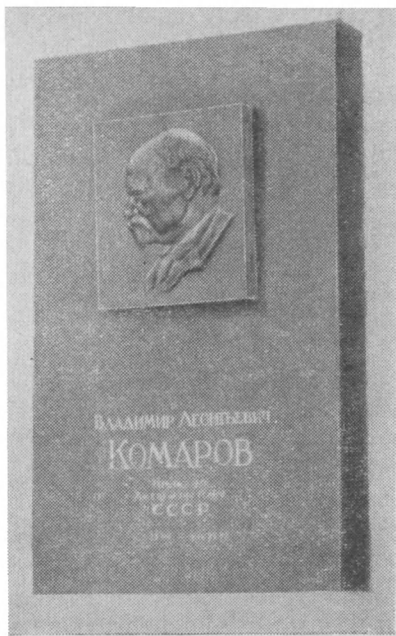


Рис. 10 Мемориальная доска.

Вокруг подготовленной таким образом модели доски устанавливают обичайку в виде 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 композицией.

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

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

НАРАЩИВАНИЕ МЕТАЛЛА НА ВОСКОВЫЕ И ПЛАСТИЛИНОВЫЕ МОДЕЛИ

Такой метод наращивания металла можно применять, если не требуется особая точность репродуцирования деталей и можно подвергать их механической обработке — опиливанию, чеканке.

К деталям, наращиваемым поверху, относятся, например, всевозможные художественные изделия, которые должны быть тонкостенными или не должны иметь соединительных швов¹.

Для успешного ведения гальванопластических работ требуется прежде всего хорошо профильтрованный электролит и правильный режим работы при электролизе, что обеспечивает получение мелкокристаллических отложений металла и отсутствие дендритов.

Восковые модели изготавливаются из церезина или композиции, содержащей 50% парафина или 50% стеа-

¹ Для получения металлизированных растений, насекомых, например жуков, бабочек и т. п. Подробнее об этом см. ниже.

рина и обладающей достаточно низкой температурой плавления и незначительной усадкой, а после застывания — значительной твёрдостью.

Парафиново-стеариновая композиция заливается в увлажнённые гипсовые кусковые формы.

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

Перед заливкой воска в гипсовую форму укладывают контактирующие проводники в виде крючка (а) или узла (б), особенно в глубоко профилированные места будущей модели, являющиеся выступами в гипсовой форме. После заливки эти проводники выступают над моделью только загнутыми концами (рис. 11). В форму укладывают также латунный или медный стержень, служащий каркасом и контактирующей подвеской, соединяемой со штангой ванны.

При наращивании деталей поверху решающее значение имеет скорость затяжки детали металлом в гальванопластической ванне. Она зависит от качества нанесённого электропроводящего слоя и от правильного расположения контактирующих проводников.

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

Образец скульптуры, наращённой поверху, представлен на рисунке 12.

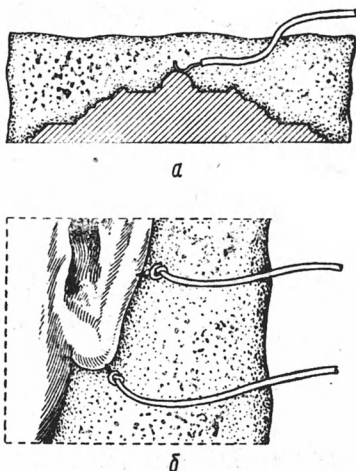


Рис. 11. Подводка проводников к углублённым местам в форме.

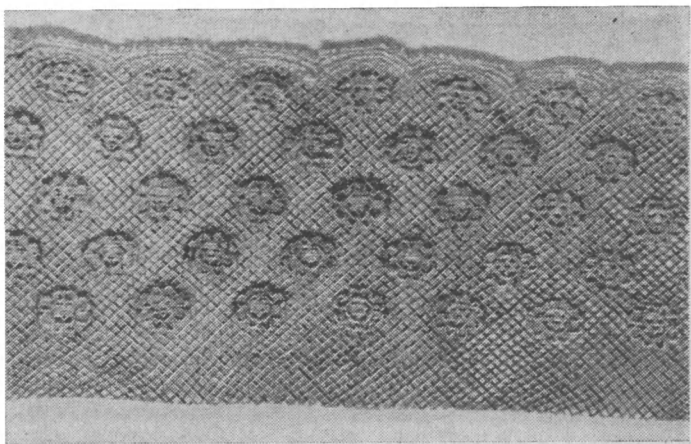


Рис. 13. Металлизированное кружево.

После графитирования на модели устанавливают проводники и под током погружают в электролит.

После получения слоя металла требуемой толщины воск из полученных металлических форм выплавляют, для чего подогревают их над паром. Затем промывают формы бензином, ацетоном или другими растворителями, обезжиривают горячей щёлочью и промывают горячей водой. Изготовленные таким способом формы отличаются высокой точностью, лёгкостью и прочностью.

В эти формы затем заливается пластмассовая смола, например резитовая, неoleyкоритовая или другие фенопластовые смолы, обладающие высокими литейными свойствами. После конденсации¹ — отвердевания пластмассовой смолы — формы удаляются с готовых скульптур путём растворения их в том же сернокислом медном электролите, в котором производится наращивание форм; для этого их завешивают на анод и одновременно проводят наращивание новых форм на восковые модели, завешенные на катode.

¹ Конденсация — отвердевание заливой пластмассы, её производят в масляных ваннах. Для этого применяют машинное масло, которое заливают в железный сосуд, устанавливают в него форму и нагревают масло до температуры 60—70°C.

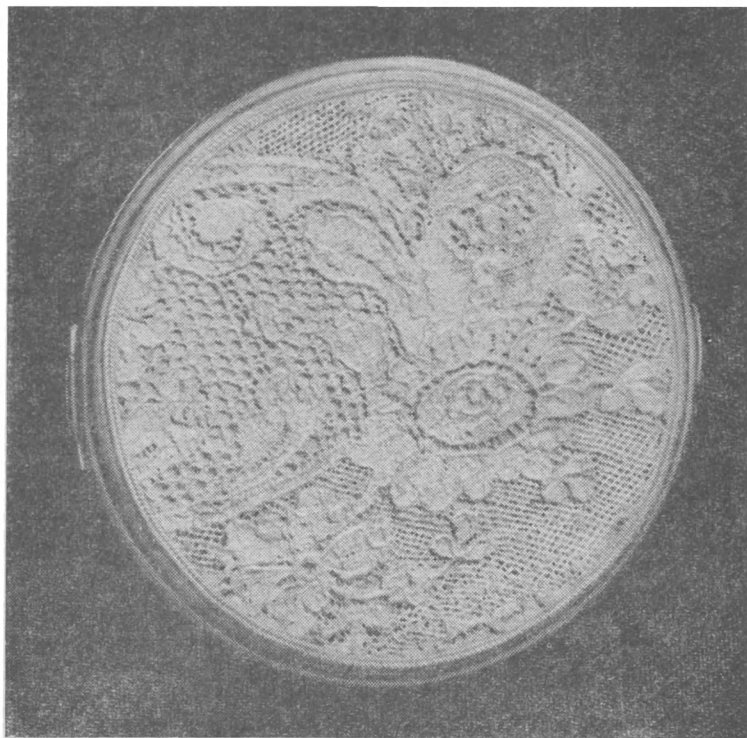


Рис. 14. Пудреница, орнаментированная кружевом.

Таким образом, медные формы, залитые пластмассой, не утрачиваются, а служат анодами для изготовления новых форм.

МЕТАЛЛИЗАЦИЯ КРУЖЕВ

Кружева, являясь тонко орнаментированными художественными изделиями, в металлизированном состоянии напоминают филигранные изделия.

Кружева, металлизированные техникой гальванопластики, можно использовать для разнообразных художественных изделий. Они могут служить основным материалом для изготовления всего изделия или вводиться в изделие как декорирующие художественные элементы.

Тюлевые кружева, особенно тонкие по рисунку, наиболее красивы в сочетании с просвечивающим через мелкую сетку кружев фоном изделия и поэтому наиболее желательны для отделки в виде декорирующих накладок.

Гипюровые кружева, с более крупной, чем у тюлевых, сеткой ажюра, пригодны для непосредственного изготовления различных художественных изделий.

На рисунке 13 представлено металлизированное кружево, а на рисунке 15—подстаканник, стенки которого изготовлены из металлизированного гипюрового кружева.

На рисунке 14 показана пудреница, орнаментированная металлизированным тюлевым кружевом в виде накладки на крышке.

Гальванопластическая металлизация состоит в предварительной обработке, наращивании металла и последующей гальваностегической отделке кружев после монтирования на изделия



Рис. 15. Подстаканник, отделанный металлизированным кружевом.

Сперва кружева растягивают на рамке и пропитывают парафином. Затем их проглаживают утюгом между листами бумаги для удаления избытка парафина. Далее наносят электропроводящий слой мелкого графита, излишек которого надо тщательно сдувать с кружев.

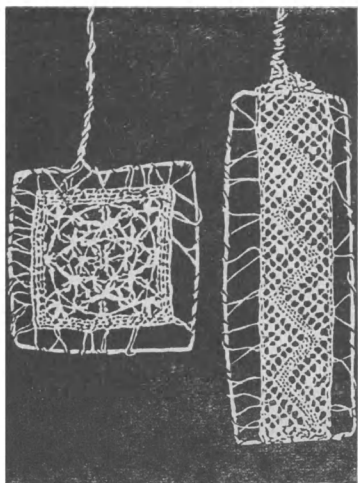


Рис. 16. Натягивание проводником кружева

Проложив проводники по краю кружева, их крепят на пластмассовой рамке или рамке из толстого провода с хлорвиниловой изоляцией, вместе с которой загружают в электролит (рис. 16).

Кружева, покрытые медью, обрабатывают латунной щёткой. Из металлизированных кружев вырезают требуемую заготовку и монтируют на изделии или изготавливают само изделие, придавая заготовке кружева соответствующую форму.

Металлизированные кружева паяют обычным способом с применением оловянно-свинцового припоя.

Гальваностегическая отделка заключается в нанесении декорирующего слоя серебра или золота или оксидировании в соответствующий тон.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГЕРБАРИЕВ ИЗ ЛИСТЬЕВ

Для получения металлических гербариев (рис. 17) берут свежие листья и снимают с них отпечатки на восковой композиции. Для этого в формочку из плотной бумаги или в обичайку заливают восковую композицию и дают ей остыть почти до полного отвердевания с таким расчётом, чтобы поверхность восковой композиции была ещё эластичней. Листья накладывают на поверхность воска и прижимают их стеклом. После этого снимают

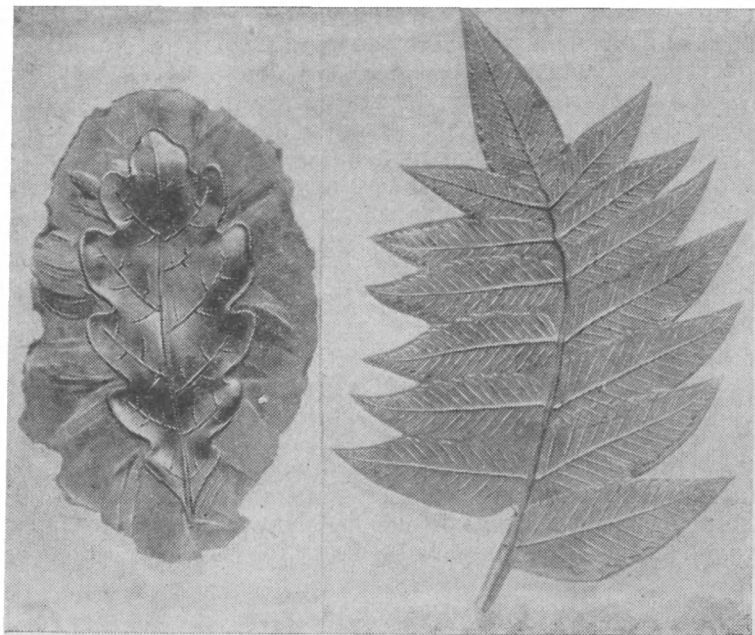


Рис. 17. Металлический гербарий.

стекло и лист и на восковой композиции остаётся чёткий отпечаток листа.

Таким же образом делают отпечаток с обратной стороны листа.

Когда восковая композиция полностью затвердеет и станет холодной, форму с отпечатком осторожно графитируют мягкой кистью, с тем чтобы не повредить отпечатка. Установив проводники на форме, подвешивают груз и форму завешивают в гальванопластическую ванну.

ПОКРЫТИЕ МЕТАЛЛОМ РАСТЕНИЙ И НАСЕКОМЫХ

Для покрытия металлом растений, фруктов и т. п. их предварительно высушивают, а затем обрабатывают в спирте или в растворах хлористого натрия, бария или кальция, уксусной или салициловой кислоты.

Бабочек, жуков, лягушек сначала помещают на 24 ча-

са в раствор двухлористой ртути (15 г/л) для предотвращения гниения, а затем обрабатывают в одном из растворов, указанных выше.

После этого на поверхность предметов, покрываемых металлом, следует несколько раз нанести тонкий слой шеллачного лака. Подготовленные таким образом предметы затем тщательно графитируются мягкой волосяной кисточкой и завешиваются в электролитическую ванну.

Для устранения плавучести в электролите бабочки, растения и т. п. прикрепляются на парафине к стеклу или кусочку пластмассы.

ПОКРЫТИЕ МЕТАЛЛОМ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДЕРЕВА, ПЕРЬЕВ ПТИЦ И ДРУГИХ ПРЕДМЕТОВ

Мелкие изделия из дерева, имеющие резьбу, могут быть покрыты тонким слоем металла. Покрытые металлом деревянные изделия внешне будут имитировать металлические— литые.

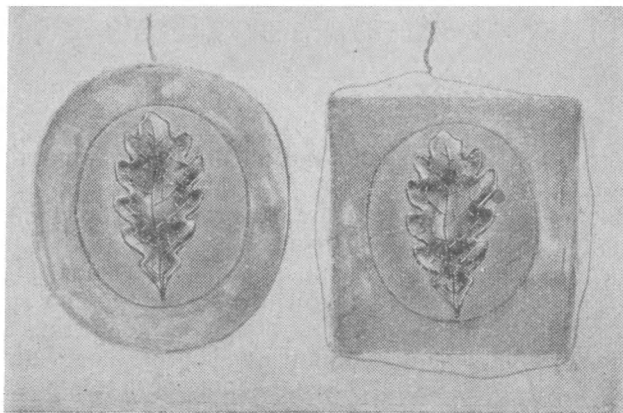


Рис. 18. Пример зарядки форм.

С л е в а — неправильная зарядка формы; с п р а в а — правильная зарядка.

Предварительно изделия из дерева проваривают в воске или парафине, церезине, азокерите или других восковых смесях для устранения гигроскопичности, так

как дерево впитывает электролит. Затем изделия графитируются; на них устанавливаются проводники, которые прикрепляются на форме, как указано на рисунке 18; подвешивается груз и форма загружается в ванну.

Таким же способом могут быть покрыты металлом перья птиц, но их не проваривают в воске или парафине, а только погружают в расплавленный состав, после чего графитируют, прикрепляют проводник и груз.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕССФОРМ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АКРИЛАТА

Путём гальванопластики можно готовить прессформы для прессования в них предварительно размягчённого акрилата (органического стекла). Для этого с рельефной модели снимают металлический контррельеф, наращивая металл в гальванопластической ванне непосредственно на модель. Для этого готовят рельефную модель из гипса или пластилина.

Покрыв модель графитом и приложив проводники из проволоки, модель загружают в гальванопластическую ванну и выдерживают её до отложения на ней меди толщиной не менее 1,5—2 мм.



Рис. 19. Прессформа.

Полученный медный контррельеф затем облуживают с обратной стороны оловянно-свинцовым припоем и устанавливают на столе вниз контррельефом, подложив лист асбеста.

После этого контррельеф заключают в стальное кольцо (рис. 19) и в него заливают свинец или баббит, который сплавляется с облуженной стороной контррельефа.

Кольцо можно отрезать от трубы соответствующего диаметра.

Во избежание растекания свинца контррельеф вдавливают в песок, предварительно насыпанный на асбест.

Песком следует засыпать и внешние края кольца.

В полученной таким образом прессформе можно прессовать изделия из пластической массы — органического стекла, предварительно размягчив его над электрической плиткой или в кипятке до состояния резины.

Для прессования размягчённое органическое стекло укладывают на полученную прессформу, поверх которой кладут толстую губчатую резину, а затем стальную плитку толщиной 4—5 мм.

Подготовленную таким образом прессформу ставят на пресс и производят давление в течение 3—5 мин почти до полного отвердевания органического стекла.

После прессования форму вместе с опрессованной моделью погружают в воду для полного охлаждения.

Модель извлекают из готовой формы лёгким постукиванием.

Для прессования моделей небольших размеров (5—6 см) может быть использован канцелярский винтовой пресс или гидравлический пресс, имеющийся в каждом физическом кабинете школы.

НАНЕСЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ НА ФОРМЫ

НАНЕСЕНИЕ ГРАФИТА

Подготовка графита. Существует несколько сортов графита; наиболее качественным для создания электропроводящего слоя на формах считается чешуйчатый графит, но можно пользоваться любым сортом.

Графит, применяемый для натирания форм, должен отличаться чистотой, не иметь посторонних примесей, не быть крупночешуйчатым или матовым (матовый графит — землистый или так называемый сажевый иногда

употребляется в качестве наполнителя для восковых форм).

Предварительно графит обрабатывают. Обычный мелкий чешуйчатый графит размалывают в фарфоровой шаровой мельнице с водой или растирают в фарфоровой ступке; наиболее мелкий графит — коллоидный — измельчают в коллоидной мельнице. Из размолотого графита удаляют содержащиеся в нём обычно окислы железа, для чего его замешивают с водой в сметанообразную массу и добавляют соляной кислоты; через сутки графит осаждается на дно сосуда¹. Воду сливают, графит многократно промывают водой до полного удаления кислоты, затем сушат, растирают шпателем и просеивают через тонкое металлическое или шёлковое сито с числом отверстий не менее 400 на 1 см². 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 имеет значительное удельное сопротивление. При небрежном графитировании омическое сопротивление графита может возрасти. Его следует наносить плотным слоем, чтобы частицы графита хорошо соприкасались между собой.

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 защитить форму от возможного соприкосновения с металлической ручкой кисти.

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

Гипсовые формы, пропитанные воском, или восковые формы лучше графитировать, когда они ещё не совсем

¹ Этот процесс обработки графита не обязателен; можно использовать мелкоперемолотый карандашный графит.

остыли. Тогда сцепляемость частиц графитовой пудры с воском значительно повышается. Для этого производят графитирование в два приёма. Предварительно ещё тёплую форму осторожно припудривают ватным тампоном, нанося графит в избытке; затем по охлаждении формы её окончательно графитируют. Если форма сделана из мягкой восковой композиции, и в особенности из пластилина, следует пользоваться мягкими беличьими кистями или ватными тампонами. Затем стенки полости гипсовой формы следует дополнительно графитировать довольно жёсткой кистью, обращая главное внимание на узкие или глубокие детали рельефа.

При графитировании ватным тампоном необходимо часто осматривать его рабочую поверхность: она может навошиться и 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 непосредственно на пластилиновые рельефы, а также на объёмные скульптуры из пластилина их следует предварительно покрывать шеллачным лаком или нитролаком для создания тонкой плёнки, предохраняющей поверхностный слой пластилина от повреждений при графитировании и от размывания электролитом.

Следует изготавливать пластилиновые барельефы на пластмассовой или стеклянной доске, создающей плоский фон.

Объёмные скульптуры из пластилина, на которые наращивается металл, надо изготавливать на алюминиевых каркасах. Если опора каркаса выходит наружу, её следует покрывать парафином или воском. Но выступающую часть каркаса следует оставлять до конца гальванопластического процесса, так как каркасом можно пользоваться для подвески скульптуры в ванну. Только по окончании процесса выступающую часть каркаса отрезают ножовкой, а надрез плотно замазывают пластилином, покрывают электропроводящим слоем и затем наращивают металл в электролите.

Для нанесения графита на стеклянные, пластмассовые и другие материалы, на которые металл наращивают преимущественно в декоративных целях, можно пользоваться следующим приёмом. Графитируемый материал предварительно покрывают тонким каучуковым или восковым слоем, для чего готовят 0,2—0,3-процентный раствор каучука или воска в чистом бензине и наносят его пульверизатором 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.

Иногда приходится производить дополнительное подграфичивание форм, уже частично наращенных металлом. Дело в том, что в процессе гальванопластического осаждения металла на неметаллические формы иногда часть поверхности не затягивается металлом. Это может происходить по ряду причин: недостаточно плотное нанесение графита, неполное смачивание электролитом всей формы, смывание графита электролитом при загрузке форм, выделение пузырьков воздуха на форме и прочее. Обычно не покрываются металлом небольшие участки. 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 проточной водяной ванне или в слабой струе воды и просушить незатянувшиеся места формы струёй тёплого воздуха или фильтровальной бумагой. Затем незатянувшиеся места надо подграфитить мягкой кистью, лучше торцовой, которая даёт возможность производить графитирование не только поверхности формы, но и стенок небольших отверстий.

Применение ватных и марлевых тампонов для подграфичивания совершенно неприемлемо, так как волокна ваты или марли налипают на форму, что делает металл при дальнейшем наращивании шероховатым.

Формы, покрытые графитовым электропроводящим слоем, необходимо тщательно обдуть для удаления лишнего, не связанного с формой графита. Особенно тщательно следует обдуть формы со сложным глубоким рельефом.

МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ФОРМ

Бронзирование

Способ образования электропроводящего слоя нанесением бронзового порошка менее распространён, чем графитирование, так как бронзовый порошок непрочной пристаёт к материалам, из которых обычно изготавливают формы для гальванопластики (за исключением пластилина или подогретых восковых композиций).

При помощи кисти натирают им форму, затем 15—25-процентным раствором спирта полностью смачивают всю её поверхность. Немедленно после смачивания сливают спирт с формы и наливают на неё подогретый до 30—35° С раствор, состоящий из 6 г азотнокислого серебра и 50 г гипосульфита. Когда окраска поверхности формы изменится, раствор сливают и наливают свежий. После того как форма приобретёт серый цвет, который больше уже не изменяется, последнюю порцию раствора сливают и форму тщательно промывают водой.

Серебрение

По другому способу для повышения смачиваемости форму 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

Перед работой смешивают 1 вес. ч. раствора № 1 и 5 вес. ч. 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.

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

Азотнокислое серебро	.	.	.	.	.	.	.	10 г
Аммиак 25-процентный	.	.	.	.	.	.	.	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 сернистого аммония и вставляют пульверизатор так, чтобы отводная трубка его была на некотором расстоянии от жидкости.

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

Применяют также способ образования плёнки 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. ч. азотнокислого серебра и 6 вес. ч. спирта. Влажную форму помещают в камеру с сероводородом или обдувают струёй сероводорода.

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

Меднение

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% спирта-ректификата. Обработанную таким образом ещё влажную поверхность формы посыпают порошкообразными железными опилками, которые перемешивают мягкой кистью. Процесс повторяют 2—3 раза.

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

Для этого изделия обезжиривают, затем несколько уменьшают гладкость поверхности (стекло, например, обрабатывают шкуркой или травят плавиковой кислотой), чтобы улучшить сцепляемость с осаждаемым металлом. Для изделий из пластмассы рекомендуется протирка зубным порошком или окисью магния, замешанными на 10—15-процентном растворе поташа или другой щёлочи. Для фарфоровых или стеклянных изделий рекомендуется погружение на 1—2 *мин* в слабый раствор плавиковой кислоты. После подготовки изделия тщательно промывают струёй воды, погружают в 1-процентный раствор азотнокислого серебра на 5 *мин* и высушивают при 40—50°C.

Предварительно изделие покрывают медным слоем, погружая его на 10—20 *мин* в подогретый до 25—35°C состав, состоящий из раствора меди, 400 *мл* 3-процентного раствора едкого натра, 200 *мл* восстановителя и, наконец, 800 *мл* формалина.

Раствор меди имеет следующий состав:

Раствор медного купороса 3-процентный		1 л
Концентрированный аммиак		20 <i>мл</i>
Глицерин		70—80 <i>мл</i>

Для приготовления восстановителя 100 г сахара растворяют при нагревании в 250 *мл* воды и прибавляют 0,5 *мл* концентрированной азотной кислоты. Раствор подвергают продолжительному нагреванию, пока он не приобретёт янтарный цвет. Затем его разбавляют водой до объёма 1250 *мл*.

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

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 верхним уровнем электролита.

Проводники должны быть из очень мягкой, хорошо отожжённой и протравленной медной или латунной проволоки диаметром примерно 0,15—0,2 мм или 0,3—0,5 мм. Более тонкие проволоки пригодны для небольших и средних форм, более толстые— для крупных форм.

Выгоднее применять проводники большого диаметра, так как при пользовании ими можно повышать плотность тока. В процессе затяжки желательное небольшое омическое сопротивление таких проводников, достигаемое не только бóльшим их диаметром, но и большей площадью соприкосновения с нанесённым на формы электропроводящим слоем.

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

В восковых формах эти отверстия обычно прокалывают в тот момент, когда воск ещё 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, площадь 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 рисунке 20 изображена гипсовая форма барельефа, у которой верхнее отверстие предназначено для подвески, а нижнее— для груза.

Контактирующие проводники прокладываются на расстоянии 0,5—1 см от границ готового изделия, что даёт возможность легко отделять металлический облой при обработке готового барельефа. Располагать проводники дальше от границ изделия важно потому, что они покрываются наиболее толстым слоем металла, затрудняющим



Рис. 20. Пример зарядки форм.

удаление облоя. У объёмных и кусковых форм проводники прокладывают главным образом на торце.

Проводники начинают прокладывать от подвесочного отверстия формы, для чего в него вводят с лицевой стороны формы тонкий проводник и крепят пластилином или церезином 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 поджимается остриём 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 очищен от изоляции на длине, достаточной для контакта с концами проводника, проложенного на форме. Затем подвесочный провод загибают в виде крючка.

Для изготовления подвесок плоских форм лучше употреблять одножильный медный провод с хлорвиниловой изоляцией, для подвесок объёмных форм — мягкий многожильный провод с резиновой или иной надёжной изоляцией, защищающей провод от электролита и обрастания металлом.

В качестве грузов для форм применяют куски фарфора, стекла, глазурированной и непористой керамики.

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

ЗАГРУЗКА ФОРМ В ВАННУ

Формы загружают под некоторым углом к поверхности электролита, чтобы облегчить удаление воздуха из поднутрений и узких мест формы.

Погружённая в электролит плоская форма должна быть затем под слоем электролита расположена горизонтально для удаления с неё мягкой кистью оставшихся пузырьков воздуха. Чтобы уменьшить захват пузырьков воздуха, формы перед загрузкой можно заливать спиртом.

Пузырьки воздуха не всегда можно легко заметить под слоем электролита, поэтому необходимо внимательно осматривать форму перед завешиванием в ванну. Пузырьки воздуха имеют вид отдельных прозрачных стёклышек или бисера; они трудно удаляются даже при резком встряхивании формы, и только кистью их сравнительно легко удалить.

Формы необходимо готовить к завешиванию всегда в таком положении, чтобы из поднутрений имелся выход для воздуха кверху.

Закрытые объёмные формы при загрузке в ванну следует заполнять электролитом постепенно, равномерно вытесняя из них воздух. Глубоко профилированные места надо держать в таком положении, при котором электролит может медленно вливаться в них, вытесняя воздух.

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

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ИЗДЕЛИЙ

ЗНАЧЕНИЕ ДЕКОРАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ

Декоративная отделка изделий производится **тони-
ро в а н и е м** — оксидированием, т. е. созданием химическим способом тончайших плёнок на поверхности металла, которые изменяют его цвет.

Другой метод декоративной отделки осуществляется гальваническим способом путём нанесения плёнок другого металла на поверхность отделываемых изделий. Тот и другой способы отделки являются завершающим процессом.

Тонирование — оксидирование изделий — уменьшает первоначальный блеск чистого металла, смягчает переходы от выпуклостей к углублениям, но одновременно может подчёркнуто выделить формы, делая рельефную поверхность изделия более выразительной.

Часто прибегают к комбинированной отделке изделий, применяя гальваническую, декоративную отделку в цвет бронзы, серебра или других металлов с последующим химическим оксидированием.

По окончании декоративной отделки изделие следует покрыть прозрачным лаком — нитролаком, который готовят растворением киноплёнки (предварительно смыв эмульсию в горячей воде) в ацетоне. Для этого сухую киноплёнку режут на мелкие кусочки, которые засыпают в ацетон. Примерно на 100 г ацетона берут 250—300 мм обычной киноплёнки.

Покрывать изделие можно мягкой кисточкой или погружая его в нитролак. Можно применять и другой способ покрытия, заключающийся в натирании поверхности изделия шерстяной тряпочкой раствором пчелиного воска в скипидаре.

ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ К ОТДЕЛКЕ

Основным условием для получения качественной декоративной отделки как при химическом, так и при электрохимическом способах является безукоризненная предварительная подготовка изделий перед покрытием.

Подготовку изделий перед покрытием всегда следует проводить по такой технологической схеме: предварительно с изделий удалить грубые налёты жира, машинного масла, грязи, особенно с изделий, полученных техникой гальванопластики, так как они всегда имеют следы воска, гипса, графита, остающиеся от гальванопластических форм. Для удаления грубых налётов жира и различных загрязнений изделия промывают в бензине или ацетоне, после чего их следует опустить в горячий раствор (80—90°C) едкого натра или едкого кали, который предварительно растворяют в холодной воде, из расчёта 10—15 г на 1 л. Обезжирив изделия в горячей щёлочи, их промывают в горячей воде, а затем в холодной проточной воде в посуде под водопроводным краном.

При наличии тёмных пятен на изделиях после обезжиривания их можно счистить мелким песком с водой (при этом не царапая поверхность металла) или протравить в 50-процентном растворе азотной кислоты.

Хорошо обезжиренные изделия должны полностью смачиваться водой и не иметь расползающихся сухих островков.

К подготовленным изделиям нельзя прикасаться руками, так как жир, имеющийся на руках, снова может зажирить изделия. Поэтому подготовку изделий по их обезжириванию следует вести или в резиновых перчатках или лучше к изделиям заранее должна быть прикреплена медная проволока, которая в дальнейшем послужит проводником при завеске изделий в гальваническую ванну.

ХИМИЧЕСКОЕ ТОНИРОВАНИЕ

Декоративно оксидированные плёнки на гальванические изделия можно наносить при помощи многих окисляющих средств. Результаты получаются различные в зависимости от применяемых растворов, их концентрации и температуры.

Наиболее распространённым является раствор так называемой «серной печени», дающей тёмно-коричневые шоколадные цвета.

Для получения «серной печени» берут 1 вес. ч. серы и 2 вес. ч. поташа. Серу расплавляют в железной банке и добавляют к ней измельчённый сухой поташ. Расплавленную смесь перемешивают 15—20 мин и после остывания хранят в закрытой банке. По мере надобности от спекшейся массы откалывают кусочек и растворяют в горячей воде, примерно берут 1 г «серной печени» на 100 мл воды.

Раствор «серной печени» можно наносить ватным тампоном, тряпочкой или погружать изделия в раствор.

В зависимости от выдержки изделий на воздухе цвет их может быть светлее или темнее.

Изделия по нанесении раствора должны быстро промываться в воде.

Для получения цвета старой бронзы изделия обрабатывают раствором из следующих веществ:

Хлористый кальций	34 г/л
Азотнокислая медь	120 г/л
Сернокислая медь	60 г/л
Хлористый аммоний	20 г/л

Все эти соли растворяют в горячей воде и горячим раствором несколько раз смачивают поверхность изделия. Наносить раствор следует после высыхания раствора, нанесённого ранее.

Рецепт № 1 (Коричневые тона)

1. Медный купорос	500 г/л
Хлористый цинк	500 г/л

На изделие наносят смесь в виде кашицы. Покрытие дают высохнуть, затем смывают его водой.

2. Хлорноватокислый калий (или натрий)	6 г/л
Медный купорос	28 г/л
Раствор подогревают и смачивают им изделия	
3. Медный купорос	25 г/л
Никелевый купорос	25 г/л
Хлорноватокислый калий	12 г/л
Марганцовокислый калий	7 г/л

Изделие погружают в раствор на 0,5—2 мин и нагревают до кипения. Большие скульптуры обливают горячим раствором или наносят его щеткой.

Раствор даёт тона от светло-коричневого до тёмно-коричневого.

Если изделие долго держать в растворе, оно получает чёрную окраску. Длительная обработка раствором даёт грубую поверхность.

Рецепт № 2

(Светло-коричневый цвет)

Хлорноватокислый натрий	100 г/л
Азотнокислый аммоний	100 г/л
Азотнокислая медь	10 г/л

Раствор нагревают до 100° С и погружают в него изделие. При погружении изделие встряхивают.

Рецепт № 3

(Коричнево-медная окраска)

1. Уксуснокислая медь	30 г/л
Окись железа	30 г/л
Хлористый аммоний	10 г/л

Раствор наносят кистью, затем изделие нагревают до почернения, промывают и сушат. Для получения каштаново-коричневой окраски в раствор вводят медный купорос.

2. Азотнокислый калий	10 г/л
Хлористый натрий	10 г/л
Хлористый аммоний	10 г/л
Уксусная кислота (5-процентная)	1 г/л

Изделие натирают горячим раствором.

3. Медный купорос	300 г/л
Хлористокислый калий KClO_4	160 г/л

Температура раствора 80° С. После нанесения раствора изделие протирают мягкой латунной или очень жёсткой волосяной щёткой, снова наносят на него раствор, затем промывают поверхность изделия водой.

Рецепт № 4

(Бронзовый цвет)

1. Сернистый никель	20 г/л
Бертолетова соль	40 г/л
Медный купорос	180 г/л
Марганцовокислый калий	2 г/л
2. Хлористый аммоний	120 г/л
Кислый щавелевокислый калий	40 г/л
Уксусная кислота (5-процентная)	1 г/л

Рецепт № 5

(Окраска от коричневой до чёрной)

1. «Серная печень»	10—20 г/л
2. Сернистый калий (или натрий)	6 г/л
Хлористый аммоний	20 г/л

Рецепт № 6

(Окраска от светло-коричневой до тёмно-коричневой)

Уксуснокислый аммоний	50 г/л
Уксуснокислая медь	30 г/л
Хлористый аммоний	0,5 г/л

Изделия погружают на 5—10 мин. в кипящий раствор. Без добавления в раствор хлористого аммония процесса окрашивания не происходит. При большом содержании хлористого аммония изделия чернеют от света. Если добавить к раствору 4 г медного купороса, получается тёмный шоколадный тон; при меньшем количестве медного купороса — более светлые тона.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ДЕКОРАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ ИЗДЕЛИЙ

Выше мы привели различные рецепты химической декоративной отделки медных изделий, полученных техникой гальванопластики.

В условиях школы, на станциях юных техников или дома можно производить декоративную отделку гальванопластических изделий и различных металлических

предметов электрохимическим способом, покрывая их плёнкой других металлов.

Мы опишем несколько способов декоративных отделок, дающих наиболее интересный эффект: серебрение, окрашивание изделий в яркие и пестрые цвета, декоративное хромирование, имитирующее агат, химическое никелирование, отделку «кристаллит», а также декоративную отделку изделий из алюминия и его сплавов путём электрохимического оксидирования и окрашивания полученной оксидной плёнки в органических анилиновых красителях, которые применяют для окраски шерстяных тканей.

ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ СЕРЕБРЕНИЕ

Многие изделия, изготовленные из меди, латуни, могут быть покрыты серебром. Для этого готовят электролит следующего состава:

Хлористое серебро	.	.	.	.	.	.	.	.	40 г/л
Железистосинеродистый калий	.	.	.	.	.	.	.	.	200 г/л
Поташ	.	.	.	.	.	.	.	.	20 г/л

Температура электролита 20—80° С. Плотность тока 1,0—1,5 а/дм^2 . Анод из серебра.

Приготовление хлористого серебра

Для получения из азотнокислого серебра хлористого серебра к раствору азотнокислого серебра приливают раствор поваренной соли (в тёмном помещении). После образования творожистого осадка жидкость сливают, а осадок, представляющий хлористое серебро, несколько раз промывают водой, затем переносят в раствор железистосинеродистого калия.

При отсутствии азотнокислого серебра его готовят из чистого высокопробного серебра.

Для приготовления азотнокислого серебра берут 28 г металлического серебра и измельчают его. Измельчённое серебро помещают в фарфоровую чашку, содержащую 50 см^3 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 процесс растворения

серебра следует проводить под интенсивной вытяжкой (в условиях химического кабинета). Нагревание ведут до полного растворения металлического серебра и прекращения выделения бурых газов. Растворённое серебро остужают, затем, перемешивая, добавляют 3—4 части дистиллированной воды. Если для приготовления азотнокислого серебра применяется легированное серебро с присадкой меди, то раствор азотнокислой меди удаляют промыванием хлористого серебра, которое готовят из азотнокислого.

ХИМИЧЕСКОЕ СЕРЕБРЕНИЕ

Для химического серебрения раствор готовится следующим способом: 20 г азотнокислого серебра растворяют в небольшом объёме дистиллированной воды, затем переводят его в хлористое серебро с добавлением 20 г раствора поваренной соли в небольшом объёме дистиллированной воды; при этом вливание раствора поваренной соли в раствор азотнокислого серебра производят в тёмной комнате. Выпавший осадок хлористого серебра в виде белых хлопьев несколько раз промывают водой, затем переносят его в предварительно приготовленный 5-процентный раствор гипосульфита. Для серебрения медных или латунных изделий их смачивают указанным раствором с добавкой мела или зубного порошка. Этой кашицей изделия натирают щеткой. По окончании серебрения изделие промывают струёй холодной воды, затем в горячей или тёплой воде и, наконец, промывают в 2—3-процентном растворе уксусной кислоты.

ОКРАШИВАНИЕ МЕДНЫХ ИЛИ ОМЕДНЁННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЯРКИЕ ЦВЕТА

Интересные декоративные эффекты на изделиях можно получить электрохимическим способом, нанося тончайшие плёнки закиси меди.

Окрашивание меди в яркие цвета

Окрашивание меди в яркие цвета производится двумя способами: химическим и электрохимическим. Эти методы обработки позволяют получить широкую гамму цветов на меди и медных гальванических покрытиях.

Тонкие прозрачные плёнки 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 плёнок составляет сотые и десятые доли микрона.

Цвет тонких плёнок обусловлен явлениями интерференции света, падающего на плёнку и отражающегося как от верхней, так и от нижней поверхности плёнок: благодаря различной скорости прохождения света отражённый луч может усиливаться или затухать. Когда на плёнку падает сложный белый луч, одна часть его усиливается, другая — затухает, в результате чего плёнка получает в зависимости от её толщины тот или иной цвет.

Химическое окрашивание. Ванна для декоративной отделки меди и омеднённых изделий в яркое 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 требуемый цвет, затем быстро промывают в воде. В процессе окрашивания осаждается сернистый свинец.

Этот раствор в кипящем состоянии даёт 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° С, а для получения золотистого цвета 35—40° С. Цвета появляются последовательно. Так, в растворе гипосульфита в присутствии мышьяковистокислого натрия окраска изделий меняется в следующей последовательности.

Окраска меди	Окраска латуни
Оранжевая	Золотисто-жёлтая
Жёлто-красная	Лимонно-жёлтая
Светло-красная	Оранжевая
Коричнево-красная	Жёлто-красная
Зеленовато-фиолетовая	Оливково-зелёная

Окрашивание изделий из латуни может производиться в растворе едкого кали, сегнетовой соли, серно-

кислой меди. Для придания золотистого оттенка изделие можно обрабатывать в 15-процентном растворе серной кислоты.

Раствор составляют следующим образом; все три компонента в отдельности растворяют в воде, затем раствор едкого кали смешивают с раствором сегнетовой соли и, наконец, в раствор вводят серноокислую медь. Температура раствора должна быть не ниже 18—20° С.

Электрохимическое окрашивание поверхностей художественных изделий в различные цвета производят путём нанесения тончайшей плёнки 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. 1).

Существенным фактором для получения качественного, равномерного цвета является предварительная подготовка поверхности изделия. Равномерную окраску трудно получить на слишком тонкой плёнке. Для того чтобы избежать неравномерности интерферирующего оттенка, возникающей вследствие различной светопогложительной способности поверхности металла, можно применять гальваническое нанесение подслоя из меди. Кроме того, рекомендуется полирование, крацевание или пескоструйная обработка.

Различные оттенки плёнки 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 плёнки.

Видоизменение цвета плёнки, зависящее от времени выдержки изделия в электролите, может быть представлено в виде следующих двух циклов:

Первый цикл

Цвет	Оранжевый	Красный	Пурпурный	Синий	Светло-зелёный
Время (в сек.)	20	40	60	80	100

Второй цикл

Цвет	Жёлтый	Золотистый	Розово-красный	Пурпурный, синий	Тёмно-зелёный
Время (в сек)	140	170	200	230	260

С каждым последующим циклом на интерферирующие цвета всё большее влияние оказывает собственный цвет окисла меди. После девяти циклов глаз перестаёт улавливать изменение интерферирующих цветов. Окисное покрытие начинает приобретать густокрасный цвет (в то 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 цветов.

Для получения тонких окисных цветных плёнок 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 плёнки можно задерживать, например, снижением щёлочности раствора, понижением температуры, разбавлением раствора или комбинацией этих приёмов.

Для цветного электрохимического окрашивания существуют разнообразные электролиты, состоящие в большинстве случаев из органических соединений¹:

1. Сернокислая медь 100 г/л
Молочная кислота 150 г/л
Едкий натр 112 г/л
2. Сернокислая медь 100 г/л
Лимонная кислота 355 г/л
Едкий натр 246 г/л
3. Сернокислая медь 100 г/л

¹ При составлении растворов следует органические соединения и сернокислую медь вливать в раствор едкого натра.

	Гликолевая кислота		128 г/л
	Едкий натр		112 г/л
4.	Сернокислая медь		100 г/л
	Виннокислый калий		125 г/л
	Едкий натр		35 г/л
5.	Сернокислая медь		24 г/л
	Салициловая кислота		56 г/л
	Едкий натр		42 г/л
6.	Сернокислая медь		50 г/л
	Тростниковый сахар		100 г/л
	Едкий натр		50 г/л
7.	Сернокислая медь		10 г/л
	Глицерин		125 г/л
	Едкий натр		50 г/л
8.	Сернокислая медь		100 г/л
	Пирофосфорная кислота		275 г/л
9.	Сернокислая медь		15 г/л
	Едкий натр		400 г/л
10.	Сернокислая медь		15 г/л
	Бура		150 г/л

Для вышеприведённых растворов принимаются режимы, приведённые в таблице 7.

Таблица 7

Режим окрашивания

№ растворов	Температура растворов (°С)	Плотность тока (а/дм²)
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 натр		40 г/л

Раствор, содержащий сернокислую медь и сахар, следует вливать в раствор щёлочи. Удельный вес рас-

твора при 16°C — 1,10. Аноды — медные. Режим работы следующий: температура $25\text{--}40^{\circ}\text{C}$, катодная плотность тока $0,01\text{ а/дм}^2$. 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 другими).

Существуют и другие составы электролитов. Например, следующий состав:

Сернокислая медь	110—115 г/л
Лимонная кислота	100—105 г/л
Едкий натр	120—125 г/л

Температура комнатная; катодная плотность тока от $0,08\text{ а/дм}^2$ 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 натр	50— 70 г/л
Глицерин	20— 65 г/л
Хлористый натрий	1— 4 г/л

Температура комнатная; катодная плотность тока $0,005\text{--}0,15\text{ а/дм}^2$.

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-процентный раствор)	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 зелёной окраски со слабым оливковым оттенком предлагается электролит следующего состава:

Сернокислая медь	60 г/л
Сернокислый цинк	45 г/л
Молибденовокислый аммоний	30 г/л
Кислый сернистоокислый натрий (30-процентный раствор)	10—15 г/л
Цианистый калий свободный	6—8 г/л

Температура электролита комнатная; напряжение не менее 1,5 в; катодная плотность тока 0,4—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 аммония в цианистом калии с таким расчётом, чтобы количество свободного цианистого калия не превышало 6—8 г/л электролита. В приготовленный электролит прибавляют 10—15 см³ 30-процентного раствора кислого сернистоокислого натрия.

ХИМИЧЕСКОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ

Химическое никелирование производится без электрического тока. В процессе никелирования происходит восстановление никеля из его солей гипофосфатом. Этим способом можно никелировать изделия из стали, чугуна, меди и её сплавов, серебра, различных алюминиевых сплавов, а также изделий из керамики и пластических масс.

Химическое никелирование даёт возможность нанести равномерный слой никеля при любой конфигурации изделий. Получаемое покрытие представляет собой соединение никеля (93—95%) с фосфором (5—7%). В настоящее время известны различные составы для химического никелирования.

Кислые растворы могут быть применены и для покрытия изделий из меди и медных сплавов (бронза, латунь), но при этом необходим кратковременный контакт

изделий с металлом, имеющим большой электроотрицательный потенциал, например алюминием, железом (см. табл. 1).

Положительные результаты при никелировании изделий из цветных металлов (алюминия и сплавов на медной основе) получаются также и в щелочных растворах. Примером такого раствора может служить следующий. В 1 л воды растворено лимоннокислого натрия 70 г, хлористого аммония 50 г, хлористого или сернокислого никеля 25 г, гипофосфата натрия 10 г.

На 1 л этого раствора вводится 150 мл 25-процентного раствора аммиака, который следует периодически, в течение процесса никелирования, добавлять для сохранения постоянного значения концентрации водородных ионов ($\text{pH}=10$). Температура раствора 82—87° С. В процессе никелирования изделий из алюминия и его сплавов следует вводить 0,3 г сульфата аммония на 1 л раствора.

Скорость осаждения никеля в таком растворе составляет 10—12 μ в час. Можно взять раствор, содержащий в 30 г сернокислого никеля 10 г гипофосфата натрия при ($\text{pH}=5$). Процесс химического никелирования можно вести или до полной выработки раствора и его замены, или с регулярным введением в раствор израсходованных компонентов.

Хорошее качество покрытия и прочность его сцепления с основным металлом во многом зависит от тщательности предварительной подготовки поверхности изделий.

Перед никелированием изделия из алюминия и его сплавов вначале промываются в чистом бензине, подвергаются 3—5-минутному травлению в 1—2-процентном растворе едкого натра при 60—70° С, затем осветляются в азотной кислоте (300—400 г кислоты на 1 л воды) в течение 2—3 мин при комнатной температуре, а затем промываются в воде. После промывки изделия немедленно погружаются в раствор для никелирования.

При никелировании латунных и бронзовых изделий подготовка включает тщательное обезжиривание в чистом бензине, промывку в холодной воде и травление в смеси серной и азотной кислот. Для этого составляют раствор из 72 мл азотной кислоты, 4 мл соляной кислоты, 544 мл воды и 380 мл серной кислоты (вливается в раствор последней, при этом тонкой струей).

Изделия лучше всего погружать в раствор для никелирования на хлорвиниловой ленте или трубке; никелирование производят в стеклянной или эмалированной посуде. Подогрев ванны для никелирования можно осуществлять на водяной бане. Никелированные детали промывают в воде и сушат в древесных опилках нехвойных пород.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ИЗДЕЛИЙ «КРИСТАЛЛИТОМ»

Этот способ декоративной отделки является комбинированным — гальваническим и термическим.

Получение «кристаллита» основано на декоративном эффекте, получаемом при выявлении кристаллов олова при тонком его нанесении на поверхность изделий.

Предварительно изделия покрываются оловом гальваническим способом.

Для этого готовят электролит следующего состава:

Сернокислое олово	54 г/л
Серная кислота (уд. в. 1,84)	50—80 г/л
Сернокислый натрий	50 г/л
Фенол или крезол	2—10 г/л
Столярный клей	2—3 г/л

Температура раствора 15—20° С.

Плотность тока 2 а/дм². Анод оловянный. После нанесения плёнки олова изделия промывают в холодной проточной воде, а затем в горячей и высушивают.

Затем изделия помещают в электропечь для получения кристаллов олова. Температура нагрева изделий 300—350° С, время выдержки изделий в печи 15—30 мин. Медленное остывание изделий после нагрева даёт более крупные размеры кристаллов, быстрое — более мелкие.

Резкое охлаждение отдельных частей поверхности изделия, например дутьё через трубку на поверхность расплавленной плёнки олова, даёт красивые искусственные центры кристаллизации, напоминающие причудливые цветы, звёзды и т. п. орнаменты.

После термической обработки оловянной плёнки производят выявление кристаллов, что осуществляют в этом же электролите, завешивая изделия на 5—10 мин на анод. При этом плотность тока должна быть 0,2—

0,5 а/дм². Повышенная плотность тока может вызвать «затухание» игры кристаллов. Изделия с проявленным кристаллическим рисунком тщательно промывают в холодной, а затем в горячей воде, высушивают и покрывают цветным прозрачным нитролаком.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ИЗДЕЛИЙ, ИМИТИРУЮЩАЯ АГАТ

Перед декоративным покрытием изделие должно быть отполировано до блеска. После этого изделие тщательно обезжиривают и обрабатывают в электролите следующего состава:

Хромовый ангидрид	300—400 г/л
Уксуснокислый барий	5— 10 г/л
Уксуснокислый цинк	2— 5 г/л
Уксуснокислый кальций	4— 8 г/л

По существу указанный процесс является разновидностью хромирования.

Хромирование в указанном электролите происходит при температуре 22—40° С, плотностью тока 30—100 а/дм².

Указанная плотность тока является очень высокой для тех источников тока, которыми располагают школы, а тем более в домашних условиях, поэтому этим способом можно отделывать изделия небольших размеров— в 2—3 см².

Продолжительность обработки 10—20 мин. После хромирования поверхность изделия имеет тёмно-синий цвет с рисунком в виде волнообразно расположенных серо-голубых полос, напоминающих текстуру агата, при этом общий фон покрытия подёрнут лёгкой матовой дымкой. Для получения блестящей поверхности изделия покрывают тонким слоем прозрачного лака.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Декоративная отделка изделий из алюминия и его сплавов в настоящее время очень распространена.

Этим способом отделывают разнообразные галантерейные изделия, броши, серьги, браслеты, а также хлебницы, коробки различного назначения: для папирос,

табака, ниток, корпуса часов и т. п. Наиболее распространённым видом отделки является их окраска, имитирующая золото. Но часто изделия окрашивают и в другие, самые разнообразные цвета.

Этот вид обработки алюминия часто называют **анодированием**, потому что изделия заведывают в электролитическую ванну не на катод, как обычно, а на анод. На катод заведывают свинцовую пластинку. Наиболее хорошо обрабатываются этим способом изделия из чистого алюминия, но можно качественно обработать и сплавы алюминия, которые после обработки лучше окрашиваются в тёмные цвета — чёрный, синий, коричневый и т. п.

Для обработки алюминия и его сплавов обычно производят три основные операции; вначале подготовленные, как обычно, изделия полируют химическим или электрохимическим способом, затем анодируют, после чего окрашивают в анилиновых красителях, применяемых для окраски шерстяных материй. При анодировании следует придерживаться следующей технологической схемы.

Обезжиривание. Для обезжиривания изделий применяется следующий состав (в г/л): едкого натра 10—15, тринатрийфосфата 20—30, кальцинированной соды 20—25. Температура состава 80—90° С. Изделия выдерживаются в ванне 1—2 мин. Ванна для этого процесса может быть изготовлена из железа.

Для удаления щёлочи изделия после обезжиривания промываются в горячей воде (70—80° С), затем в холодной проточной.

При обезжиривании изделий возможно растравление их поверхности. Причиной этого могут быть передержка изделий в ванне, перегрев ванны или перенасыщение обезжиривающего состава щёлочью. Для устранения дефекта следует соответственно сократить время выдержки изделий в ванне, понизить температуру ванны или ослабить концентрацию щёлочи в составе.

Осветление. Обезжиренные и промытые изделия обычно имеют матово-серый цвет, для удаления этого налёта изделия освещают, выдерживая в 50-процентном растворе технической азотной кислоты (уд. вес 1,32) в стеклянном или керамическом сосуде в течение 1—2 мин при температуре 18—20° С.

Для удаления азотной кислоты с поверхности изделия промывают в холодной проточной воде. Обе операции—обезжиривание и осветление—следует производить в вытяжном шкафу, так как во время обработки выделяются вредные пары.

Полирование. Предварительно изделия, имеющие на поверхности грубую шероховатость, забоины, царапины и т. п. дефекты, следует отшлифовать мелкой шкуркой, а затем отшлифовать электрохимическим или химическим способом. При отсутствии указанных дефектов изделия полируют электрохимическим или химическим способом.

Приведем химический способ как наиболее простой. Готовят смесь кислот следующего состава:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,71)	. . .	300 г
Серная кислота (уд. вес 1,84)	. . .	600 г
Азотная кислота (уд. вес 1,50)	. . .	70—100 г

Температура смеси 115—120° С. Ванны для химической полировки изготовляют из свинца или из нержавеющей стали. Полирование следует вести в вытяжном шкафу или под интенсивной вытяжкой.

Время выдержки изделий в ванне 1—2 мин.

После химического полирования изделия промывают горячей, а затем холодной проточной водой и заведывают в ванну анодирования.

Анодирование (оксидирование) производят, как указывалось, на аноде. Предварительно к изделию плотно прикрепляют алюминиевую проволоку для электрического контакта и загружают его в ванну.

Ванна анодирования состоит из 18—20-процентного раствора серной кислоты. Удельный вес свежеприготовленного электролита при температуре 20° С—1,13—1,14. Напряжение тока должно быть не ниже 7—8 в. Плотность тока 0,8—1,2 а/дм².

Время анодирования 15—20 мин. Температура раствора не должна быть выше 25° С. Расстояние между изделием и завешенной на катод свинцовой пластинкой 150—200 мм. Корректируют электролит добавлением соответствующего количества серной кислоты до получения указанного выше удельного веса электролита. При составлении ванны и корректировании следует осторожно обращаться с серной кислотой. Серную кислоту

можно вливать только в воду, а не наоборот. При этом вливать серную кислоту нужно осторожно тонкой струёй.

Для поддержания температуры электролита не выше 25° С ванну с электролитом можно поместить в бак с водой для охлаждения.

Для анодирования применяется пластмассовая ванна, например из винипласта, свинцовая или железная, прочно покрытая изнутри эмалью.

После анодирования изделия вынимают из электролита и, тщательно промыв в холодной воде, окрашивают в заданный цвет.

Окрашивание оксидированных изделий. Качество окрашивания оксидированных изделий во многом зависит от качества красителей и режима окрашивания, температуры, концентрации раствора и цветов красителей. Окрашивание анодированных—оксидированных изделий происходит за счет адсорбции красителей оксидной плёнкой. Оксидная плёнка, полученная анодированием, отличается микропористостью, в которую в процессе окрашивания проникает краситель и задерживается в ней. Оксидная плёнка лучше всего поглощает красящие вещества непосредственно после оксидирования.

Для окрашивания изделий берут растворы красителей, концентрация которых колеблется от 0,5 до 3%.

Для окраски в жёлтый, коричневый, а также в светло-зелёный и светло-синий цвета вполне достаточна концентрация красителя 0,5—1%. Для окраски в чёрный цвет применяется более концентрированный раствор крепостью 2—3%.

Для приготовления красящего раствора рекомендуется смешать краситель с небольшим количеством дистиллированной воды до образования кашицы, растереть в фарфоровой ступке и затем при перемешивании добавить к ней необходимое количество воды. Рекомендуется нагреть в течение короткого времени раствор до кипения, чтобы краситель полностью растворился. В случае образования пены её следует снять.

Для приготовления красящего раствора можно применять мягкую или умягчённую воду, так как содержащиеся в жёсткой воде кальциевые и магниевые соли могут образовать с некоторыми красителями нерастворимые в воде соединения. При добавлении в раствор воды

с большей жёсткостью может произойти выпадение красителя из раствора в осадок. Если в процессе крашения образуется осадок, то красящий раствор необходимо профильтровать через хлопчатобумажную ткань. Изделия погружаются в краситель, нагретый до 50—60° С. В зависимости от выдержки изделий в красителе можно получить более светлые или тёмные тона.

Уплотнение окрашенной оксидной плёнки. Для уплотнения оксидной плёнки и удержания в ней красителя изделия кладут в горячую воду (80—90° С) и выдерживают в ней 25—30 мин. В процессе уплотнения поры плёнки сжимаются и удерживают краситель.

Общее замечание. В процессе обработки к изделиям при обезжиривании, оксидировании и крашении прикасаться руками без перчаток не следует, так как в местах прикосновения могут образоваться пятна.

ПОЛУЧЕНИЕ «ЭМАЛИ» НА АЛЮМИНИИ И ЕГО СПЛАВАХ

В последнее время был разработан новый способ защитнодекоративной отделки алюминия. Этот способ известен под названием «эматалирование». Сущность его заключается в электрохимическом получении непрозрачных оксидных плёнок на алюминии и его сплавах в растворе, состоящем из щавелевой, борной и лимонной кислот и титан-калия щавелевокислого.

Эматаль-плёнки относятся к непрозрачным, молочно-эмалевидным декоративным покрытиям. Они могут быть блестящими или матовыми, бесцветными или окрашенными. Эматаль-плёнки отличаются хорошей износостойкостью, термостойкостью и коррозионной устойчивостью в атмосферных условиях.

Повышенная твёрдость и износостойкость приближают эматаль-плёнки по свойствам к хромовым покрытиям. По виду эматалированные изделия напоминают эмалированные или пластмассовые, но имеют перед ними ряд преимуществ: лучшее сцепление, меньшую толщину слоя, они не трескаются и не откалываются при ударе, сжатии и т. п.

Эматалирование, кроме получения плёнок с улучшенными свойствами, имеет и другие положительные стороны.

Так, предъявляются пониженные требования к чистоте обрабатываемого алюминия, к качеству полировки поверхности не обязательно применять электрополирование (как, например, при широко распространённом процессе отделки алюминия под цвет золота).

Эматаль-плёнки, как и другие анодные плёнки, окрашиваются в водных растворах органических красителей. Благодаря светло-серой окраске плёнки, цвет её при крашении смягчается и может иметь все нюансы от нежного тона до глубоких сочных тонов.

Эматаль-плёнки из вышеуказанных электролитов можно получить различной толщины в пределах 8—13 м в зависимости от времени выдержки в ванне и других факторов. Плёнки указанной толщины получаются обычно в течение 25—30 мин.

ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРОЦЕССА ЭМАТАЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ С СОЛЯМИ ТИТАНА

Важным фактором для получения хороших непрозрачных плёнок является правильный выбор алюминиевых сплавов.

Литейные сплавы, которые могут дать качественную эматаль-плёнку, должны быть следующего состава (%):

Меди	менее 2%	Никеля	менее 1%
Цинка	» 8%	Железа	» 1%
Магния	» 8%	Марганца	» 1%

Из листового алюминия эматалированию подвергается алюминий марок АД1, АМц, АМгЗ, АВ, АВП и некоторые марки медистого алюминия, если содержание меди в нём не превышает 2%. В литейных сплавах, применяемых для эматалирования, содержание примесей не должно превышать: меди—2%, цинка—8%, магния—8%, никеля—1%, железа—1%, марганца—1%.

Наиболее пригодным для эматалирования является литейный сплав: алюминий—цинк—магний (цинка 5%, магния 1,5—2%).

Оксидные плёнки, полученные эматалированием на разных деформируемых сплавах, могут иметь различные оттенки от светло-серого до тёмно-серого.

Для придания эматализованным изделиям необходимой декоративности рекомендуется их слегка полировать. С этой целью может быть использована паста на основе окиси алюминия и венской извести следующего состава (в весовых %):

Окись алюминия	36
Венская известь	36
Стеарин	28

Пасты на основе окиси хрома не рекомендуются, так как на эматализованной поверхности, даже при тщательном обезжиривании, остаются зелёные пятна.

Для эматализования рекомендуется хромовоборный электролит.

Процесс эматализования в хромовоборном электролите состоит из следующих операций:

1. Полировка.
2. Обезжиривание в органических растворителях.
3. Протирка ветошью.
4. Монтаж на подвески.
5. Обезжиривание химическое.
6. Промывка в горячей воде.
7. Промывка в холодной проточной воде.
8. Осветление.
9. Промывка в холодной проточной воде.
10. Эматализование.
11. Промывка в холодной проточной воде.
12. Обработка в растворе азотной кислоты.
13. Промывка в холодной проточной воде.
14. Промывка в дистиллированной воде.
15. Крашение.
16. Промывка в холодной проточной воде.
17. Уплотнение.
18. Демонтаж с подвесок.
19. Сушка.
20. Глянцевка на чистом бязевом круге.
21. Контроль.

ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ПРОЦЕССА ЭМАТАЛИЗОВАНИЯ В ХРОМОВОБОРНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ

Обезжиривание деталей проводят в растворе следующего состава:

Тринатрийфосфат		50 г/л
Едкий натр		10 г/л
Жидкое стекло		5 г/л

Температура раствора 60—70° С, продолжительность обработки 2—3 мин.

Обезжиренные и промытые детали освещаются погружением в 30-процентный раствор азотной кислоты

при 18—20° С, затем промываются и эматализируются. Для эматализирования применяется электролит следующего состава:

Хромовый ангидрид	.	.	.	.	.	.	.	.	30 г/л
Борная кислота	.	.	.	.	.	.	.	.	2 г/л

Электролит готовится на водопроводной воде.

Процесс ведётся следующим образом.

Изделия навешиваются на анодную штангу. Затем включается ток. В течение 5 мин напряжение плавно повышают от 0 до 40 в и поддерживают его 30 мин. Плотность тока при этом должна быть равна 0,4—0,5 а/дм². По истечении 30 мин напряжение повышают до 80 в, при этом плотность тока устанавливается и до конца эматализирования остается постоянной. Общая продолжительность процесса 60 мин. Температура электролита не должна превышать 50° С, перегрев ведёт к ухудшению качества плёнки.

Катоды применяются из нержавеющей стали. Соотношение анодной и катодной поверхностей 2:1, 3:1. В процессе работы электролит испаряется, количество его необходимо доводить до первоначального уровня добавлением горячей воды.

Корректирование ведётся добавлением хромового ангидрида из расчёта 10 г на 1 м² обработанной поверхности.

После эматализирования изделия тщательно промывают в холодной проточной воде, обрабатывают в течение 1—2 мин в 30-процентном растворе азотной кислоты, снова тщательно промывают, сначала в проточной, а затем в дистиллированной воде и окрашивают в водных растворах органических красителей с режимом, указанным в таблице 8.

После окрашивания детали промывают и уплотняют кипячением в течение 30 мин в дистиллированной воде.

Исправление брака при крашении сводится к обработке изделий в 50-процентном растворе азотной кислоты, тщательной промывке в холодной проточной воде, затем в дистиллированной, после чего изделия опять могут быть окрашены в нужный цвет.

Удаление эматаль-плёнки с подвесок и бракованных изделий проводится в 30-процентном растворе едкого натра при температуре раствора 60—70° С.

Таблица 8

Наименование красителя	Концентрация (в г/л)	Температура крашения (в °С)	Время выдержки (в мин)	pH красителя
Прямой бирюзовый светопроочный	2	50—60	5—10	7—8
Кислотный красный ализариновый	3	50—60	10	5—5,5
Кислотный красный 5 см	2	50—60	10	5,5—6
Кислотный фиолетовый				
2 КМ для кожи	2	50—60	5—10	7—8
Кислотный зелёный ЖМ	5	50—60	15	7—7,5
Кислотный алый	4	50—60	5	7—7,5
Кислотный ярко-синий				
КМ для шубной овчины 100%	2	50—60	15	7,0
Оранжевый 2 Ж	1	50—60	3—5	5—6
Золотисто-жёлтый		50—60	15	7—8

Улучшение внешнего вида покрытия эматализированных изделий после уплотнения и сушки достигается глянцевкой на чистом бязевом круге без применения полирующих паст.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ, ИМИТИРУЮЩАЯ ГРАНИТ

Разнообразные возможности декоративной отделки алюминия оксидированием (анодированием), о котором мы говорили выше, в сочетании с предварительной обработкой листового алюминия, имитирующей гранит, дают очень интересный декоративный эффект (рис. 21).

Для получения на листовом алюминии текстуры, напоминающей гранит, листовую алюминий в виде полос (толщиной 0,3—0,5 мм) предварительно растягивается—удлиняется на незначительную величину, исчисляемую миллиметрами на метр металла, а затем нагревается и по остывании протравливается в смеси кислот. Такая обработка выявляет на поверхности металла кристаллы, образующиеся вследствие рекристаллизации алюминия. При этом размеры кристаллов, получаемых в процессе

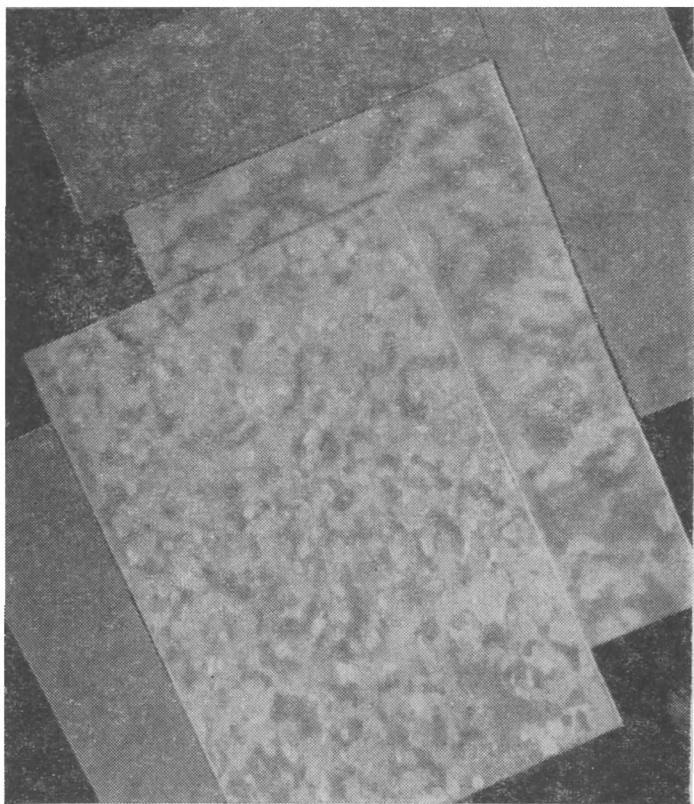


Рис. 21. Имитация гранита.

рекристаллизации алюминия, могут быть получены от 5 до 20 мм в зависимости от величины растяжения алюминия. Для растяжения концы полосы алюминия зажимают в двух тисках и затем нажимают деревянной скалкой на среднюю часть полосы, проводя скалку взад и вперед. В зависимости от силы нажима алюминий постепенно будет растягиваться. После растягивания алюминиевую полосу помещают в муфельную печь и нагревают до температуры 550°C в течение 20—30 мин. Указанная термическая обработка вызывает рекристаллизацию растянутого алюминия.

Но для выявления текстуры кристаллов, которые по форме похожи на зёрна гранита, алюминий требуется обработать в травильном растворе.

Травление рекристаллизованного алюминия производят в смеси кислот, которая состоит из $\frac{1}{3}$ соляной кислоты, $\frac{1}{3}$ азотной кислоты и $\frac{1}{3}$ воды. Травление производят в вытяжном шкафу. Травление следует производить в резиновых перчатках, пользуясь при этом щипцами.

По выявлении кристаллов на алюминии изделие тщательно промывается в воде, после чего алюминий может быть анодирован и окрашен в желаемый цвет.

НАНЕСЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ИЗДЕЛИЯ ФОТОТРАВЛЕНИЕМ

Во многих случаях металлические изделия могут декорироваться нанесением на них изображений в виде рисунков: портретов, пейзажей орнаментов, надписей и т. п. Для этого может быть успешно использован способ фотогравирования.

Для этого способа можно применять различные металлы, но наиболее простым в обработке является алюминий и его сплавы.

Сущность фотогравирования состоит в том, что металлическую пластину или изделие покрывают светочувствительной эмульсией и высушивают в темноте; затем накладывают фотонегатив — обычно плёночный — и экспонируют, применяя достаточно мощный источник тока.

Под светлыми участками негатива эмульсия закрепляется и становится сравнительно водостойкой, а под тёмными участками эмульсия остаётся почти в неизменном виде и при проявлении в воде полностью удаляется. Оставшемуся на металле эмульсионному слою придают химическую стойкость путём химической и термической обработки. Затем пластинку или изделие подвергают химическому или электрохимическому травлению.

Негатив получают контактным печатанием на репродукционной штриховой фотоплёнке ФТ-30 с оригинала, вычерченного или нарисованного чёрной тушью на кальке. При фотогравировании можно также использовать непосредственно оригинал, выполненный на кальке, однако стойкость такого оригинала и качество фототравле-

ния при этом ниже, чем при использовании плёночного негатива.

При создании изображений на пластинах из алюминия или его сплавов пластины заготавливают по размерам фотогравировемого изображения с припуском 5—10 мм по периметру. После чего пластина шлифуется и полируется на войлочном круге и обезжиривается уайт-спиритом, а затем венской известью. Хорошо обезжиренная поверхность пластин должна равномерно смачиваться водой.

Для лучшего сцепления эмульсии с металлом пластина подвергается лёгкому програвливанию в растворе, содержащем следующие вещества:

Тринатрийфосфат	50 г/л
Кальцинированная сода	30 г/л
Жидкое стекло	5 г/л

Температура раствора 50—60°C, продолжительность обработки 5—6 сек. Подготовленную пластину затем устанавливают на центрифугу, скорость которой должна быть в пределах 70—80 об/мин.

В центрифуге поверхность пластины окончательно промывают водой, затем наносят (поливом) небольшое количество эмульсии, которая должна быть равномерно распределена на поверхности пластины. После чего эмульсионный слой сушится до исчезновения «отлипа».

Для фотогравирования применяется эмульсия следующего состава:

Клей мездровый	150 г
Аммиак 25-процентный	50 г
Двуххромовокислый аммоний	30 г
Хромовый ангидрид	5 г
Квасцы хромовокалиевые	3 г
Спирт этиловый	35 мл
Вода	1 л

Плиточный мездровый клей предварительно замачивают водой. Варят эмульсию на водяной бане при лёгком помешивании во избежание захватывания воздуха. Эмульсии дают отстояться, затем фильтруют её через вату, обёрнутую марлей, и хранят в тёмном прохладном месте. После центрифугирования и сушки эмульсионного слоя пластины накладывают на негатив светочувствительной плёнкой вниз и в таком виде, следя чтобы не

было взаимного смещения пластин, укладывают их на контактное стекло рамки стола-рефлектора. Пластины с негативом плотно прижимают к стеклу. Затем включают источник света (четыре лампы по 1000 *вт* каждая, расположенные в нижней части стола-рефлектора, под контактными стеклами). Одновременно включают вентилятор для охлаждения контактного стекла.

В зависимости от светочувствительности эмульсии копирование продолжается 5—8 *мин.* Затем пластину проявляют в холодной воде, под душем.

Для увеличения контрастности изображения, а также проверки качества и полноты проявления пластины смачивают водным раствором анилинового красителя; в случае необходимости проявление продолжают.

Если проявление происходит медленно и получается «вуаль», можно на короткое время погрузить пластину в воду, подогретую до 30—40° С.

Проявленную пластину обрабатывают в течение 2—3 *мин.* в растворе, содержащем в 1 л воды 40 г хромовых квасцов и 100 г двуххромовокислого аммония. После дублирования, промывки и сушки пластины подвергают равномерному обжигу при температуре 300—350° С до перехода эмульсионной плёнки в коричневый цвет. При этом эмульсионная плёнка окончательно закрепляется, приобретая необходимую химическую стойкость.

Продолжительность обжига 3—4 *мин.* Затем пластины подвергают травлению в водном растворе состава:

Медный купорос	200 г/л
Поваренная соль	125 г/л
Соляная кислота	10 мл

Температура раствора 20—25° С.

Для травления применяют фарфоровые ванны или ванны из пластмассы.

Для защиты обратной стороны пластины от травления её покрывают цапом — лаком.

Промытую и просушенную пластину покрывают бесцветным лаком.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ СХЕМ

Печатные схемы широко применяются в электронной технике и при изготовлении радиоаппаратуры.

Этот метод даёт возможность массовым способом

выпускать не только простейшие схемы для монтажа, но и для непосредственного изготовления всевозможных электронных деталей и детали радиоприёмников. Примером таких деталей могут служить различные монтажные платы, сложные радиопереклюатели, катушки индуктивности и многие другие детали.

ТЕХНИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ СХЕМ И ДЕТАЛЕЙ

В настоящее время существует довольно много способов изготовления печатных схем; одним из распространённых способов является электрохимический способ, разработанный в 1952 г. Этот способ состоит из следующих последовательных операций.

Заготовка платы производится из листового электроизоляционного материала, например гетинакса, текстолита, стеклотекстолита, фторопласта, полистирола или слоистых пластиков. В заготовке до металлизации предварительно делают все отверстия, куда при сборке будут вставляться и припаиваться выводы от навесных деталей и проводников, расположенных на противоположной стороне платы. Делается это для того, чтобы при обработке в гальванической ванне металл откладывался не только у краёв отверстий, но и внутри их. Это повысит механическую прочность паяных соединений.

Обработка поверхности. Для лучшего сцепления наносимого металла с платой поверхность платы делается шероховатой, для этого её шлифуют или обрабатывают пескоструйкой (мелким песком). Затем обработанная поверхность платы тщательно вытирается для удаления пыли.

Нанесение рисунка схемы. На поверхность платы фотоспособом наносится кислотоупорная плёнка, образующая рисунок схемы. Плёнка наносится на те участки платы, где не требуется наносить металл. На незакрытых местах при последующей обработке будет происходить металлизация.

При подготовке рисунка-схемы необходимо предусматривать вспомогательные проводники, соединяющие всю схему. Эти проводники дают возможность без до-

полнительных сложных токопроводящих приспособлений подвести ток ко всем участкам схемы во время гальванического осаждения меди.

Для приготовления светочувствительного покрытия готовят два раствора.

Первый раствор готовят так: 40 г сухого альбумина заливают 250 см³ воды и после 12-часовой выдержки фильтруют. Для приготовления второго раствора берут 10 г двуххромовокислого аммония и добавляют 250 см³ воды. Оба раствора сливают вместе и доливают 4—6 мл 25-процентного раствора аммиака. Затем добавляют воды до объёма 1 л. Раствор нужно хранить в темноте. Пользоваться им можно через 2—3 часа.

На плату раствор наносится при вращении её на центрифуге (скорость вращения 50—60 об/мин), после просушки нанесённой эмульсии при температуре не выше 40°C приступают к экспонированию. Для этого накладывают на плату негатив и экспонируют, пользуясь мощным источником света (см. нанесение изображений фотоотравлением).

Время экспонирования от 5 до 15 мин в зависимости от контрастности негатива, расстояния от источника света и его мощности. (Можно пользоваться и дуговым фонарём.) Затем плату опускают в холодную воду на 2—3 мин, при этом происходит набухание незасвеченной светочувствительной плёнки.

После выдержки платы в воде ватным тампоном осторожно удаляют набухшую плёнку и плату сушат до полного удаления влаги.

Обработка в растворе двуххлористого олова. Для подготовки к металлизации участки платы, не закрытые плёнкой, необходимо обработать в растворе двуххлористого олова. Для этого плату с нанесённым рисунком схемы погружают в 1-процентный водный раствор двуххлористого олова и выдерживают в течение 1—2 мин, после чего плату промывают в холодной проточной воде. Вода не смывает с платы двуххлористого олова.

Обработка в растворе азотнокислого серебра производится погружением платы в водный 0,3-процентный раствор азотнокислого серебра; выдержка в ванне продолжается в течение 1—2 мин. В результате этой и предыдущей обработки ионы двухвалентного олова восстанавливают ионы серебра. После обработки в растворе

азотнокислого серебра плата сушится при температуре не выше 50°C.

Гальваническое меднение. Нарращивание меди производится в обычном сернокислом электролите (см. стр. 51) толщиной 20—25 μ . Плотность тока 3 а/дм^2 , температура ванны 20°C.

При наращивании меди следует иметь в виду, что сила сцепления отложенной меди с диэлектриком увеличивается с наращиванием металла толщиной лишь до 25 μ . Дальнейшее наращивание приводит к уменьшению силы сцепления.

После наращивания меди плату промывают в проточной воде. Плёнка светочувствительной эмульсии затем удаляется с поверхности платы 10-процентным раствором щёлочи, и плата снова промывается в воде и сушится.

Кроме плат для электроники и радио, в настоящее время, в частности, разработана схема электромотора, создающегося путём применения печатной схемы.

Электромотор такого типа разработан во Всесоюзном научно-исследовательском институте электромеханики. Этим способом делается якорь электромотора.

Для этого на тонкую пластинку стеклотекстолита, оклеенную с двух сторон медной фольгой, наносят способом фотопечати рабочую схему обложки. Затем производят травление и гальваническое наращивание меди, как было описано выше. В результате получают «обмотку» нужного сечения. Такой якорь имеет толщину немногим более миллиметра и легче обычного в восемь раз.

В двигателях с печатным якорем ток подводится через щётки, скользящие непосредственно по проводникам обмотки, которые одновременно выполняют и роль коллекторных пластин. В институте электромеханики разработан и изготавливается синхронный генератор однофазного тока мощностью 350 вольт-ампер с печатным ротором.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КИСЛОТАМИ И ЩЕЛОЧАМИ

При работе с кислотами и щелочами наиболее опасно их переливание из одной посуды в другую. Опасность ожогов может возникнуть при повреждении посуды.

Брать куски щёлочи в руки можно только в резиновых перчатках или щипцами.

Для размельчения щёлочи (едкого натра или едкого кали) куски следует класть в тряпочку и после этого дробить их.

Особенно необходимо соблюдать все меры предосторожности при приготовлении травильных растворов. Эту работу следует производить под личным наблюдением учителя.

В серную кислоту нельзя добавлять воду, потому что кислота, соприкасаясь с водой, вызывает сильную реакцию поглощения воды с большим выделением теплоты и парообразованием, которое может привести к выбрасыванию кислоты из сосуда. Поэтому при смешивании вливайте кислоту постепенно тонкой струёй в воду и всё время перемешивайте раствор.

Нельзя добавлять кислоту к нагретой воде. Приготовление смеси кислот для травления можно производить только в холодном состоянии.

Смешивание серной и азотной кислот производите в такой последовательности: сначала вливайте азотную, а затем серную кислоту.

При приготовлении щелочных растворов для обезжиривания щёлочь добавляйте обязательно в холодную воду и не допускайте разбрызгивания раствора. Для ускорения растворения раствор нужно перемешивать.

В случае попадания на кожу капль щёлочи или кислоты следует немедленно смыть их достаточно сильным напором воды. Вода не только смывает кислоту или щёлочь, но, сильно разбавляя их, немедленно прекращает их дальнейшее действие на кожу.

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГАЛЬВАНОТЕХНИКЕ

Абрис — контур, в частности граница барельефа с фоном.

Аверс — лицевая сторона медали.

Барельеф — скульптура на плоском фоне, имеющая низкий рельеф.

Бюст — объёмное скульптурное изображение верхней части человеческого тела, головы и части торса (обычно без рук).

Гальванопластика — отрасль гальванотехники, занимающаяся получением точных металлических копий, производящих во всех деталях модель.

Гальваноскульптура — скульптура, изготовленная гальванопластическим способом — отложением металла в металлические или неметаллические формы или покрытием неметаллической скульптуры металлом.

Гальваностегия — часть гальванотехники, занимающаяся наращиванием тонких слоёв металла, при котором рабочей является сторона, не примыкающая к модели.

Гальванотехника — область прикладной электрохимии, занимающаяся наращиванием тонких слоёв металла, при этом рабочей стороной является сторона, обращённая к форме.

Горельеф — скульптура на плоском фоне, имеющая высокий рельеф, приближающийся к рельефу объёмной скульптуры.

Грат — см. облой.

Гурт — торцовая часть медали.

Дендриты — шишкообразные образования металла на выступающих местах форм.

Замок — профиль деталей скульптуры, не позволяющий снять жёсткую форму на выход.

Затяжка — первоначальная стадия покрытия металлом непроводников до момента, когда не остаётся ни одного участка проводящего слоя, не покрытого наращиваемым металлом.

Кант — ободок на модели, плакетке, медальоне.

Кожух — гипсовый футляр, в который укладываются детали кусковой формы.

Контактное копирование — воспроизведение рельефа, основанное на прямом соприкосновении с моделью. Контактным является снятие слепков, изготовление форм и гальваническое воспроизведение.

Медаль — разновидность медальерной скульптуры, обычно круглая и с низким барельефом. Медали разделяются на наградные и мемориальные, изготавливаемые в честь каких-либо событий или лиц.

Медальер — скульптор, изготавливающий модели медальерной скульптуры путём чеканки, гравирования или лепки.

Медальерная скульптура — миниатюрная скульптура. К медальерной скульптуре относятся медали, настенные медальоны, а также камеи и геммы.

Модель — скульптурное произведение, служащее для репродуцирования любым методом, в том числе и гальванопластикой.

Монументальная скульптура — крупная скульптура, устанавливаемая на века и запечатлевающая какие-либо события, идеи или личности.

Монолитная форма — цельная гипсовая форма, употребляемая для получения бесшовных скульптур, главным образом бюстов. Монолитные формы снимают с глиняных или пластилиновых моделей, уничтожаемых при удалении из формы.

Монтирование — сборка в единое целое отдельных элементов скульптуры и устранение признаков её разделения на элементы.

Негатив — выполненный в каком-либо материале рельеф, обратный по отношению к модели, в частности форма.

Обичайка — металлический обод, употребляющийся для устройства временных бортов при изготовлении восковых форм.

Облой (грат) — излишек материала, образующийся при гальваническом отложении и располагающийся по периметру изделия.

Объёмная скульптура — скульптура, просматриваемая со всех сторон и устанавливаемая на пьедесталах или плинтах (бюсты, статуи, памятники).

Плакетка — медаль с прямоугольным очертанием.

Плинт — основание скульптуры, связывающее её с постаментом или пьедесталом.

Поднутрение — расположение углублений на скульптуре под углом по отношению к поверхности скульптуры.

Позитив — выполненный в каком-либо материале рельеф, соответствующий модели, в частности готовая репродукция скульптуры.

Раковина — часть черновой формы.

Реверс — обратная сторона медали.

Репродукция — копия скульптуры, воспроизводящая вид первоначальной модели с сохранением её объёмных размеров.

Фактура — характер обработки поверхности скульптуры — гладкая, шероховатая и т. д.

Филигранные изделия — изготавливаются из скрученных и сплюснутых проволочек, монтируемых пайкой. Имеют декоративный характер или непосредственно являются изделием.

Фрагмент — часть или деталь скульптуры.

Фон — задний план, на котором находится плоская скульптура.

Чеканка — техника художественной обработки металла. Различают чеканку на листовом металле, представляющую художественную лепку (обычно на меди или латуни), «дифовку» — выбивание из листового металла объёмных скульптурных деталей и чеканку по литью (обычно на бронзе) для отделки фактуры.

Черновая форма — гипсовая форма, обычно изготавливаемая из двух (реже из трёх) частей. Черновые формы снимают с пластилиновых или глиняных моделей, уничтожаемых при удалении из форм.

Электроды — части проводников, обычно в виде пластин, опускаемые в ванну. Электрод, соединённый с положительным полюсом источника тока, называется анодом, а с отрицательным — катодом.

ОГЛАВЛЕНИЕ

История и цель гальванопластики	3
Законы электролиза	7
Гальваническая установка и режим работы	10
Состав электролита и его приготовление	12
Техника анализа медного электролита	16
Получение медных скульптур техникой гальванопластики	18

Изготовление форм

Требования, предъявляемые к формам	24
Гипсовые формы	—
Изготовление гипсовых форм с объёмной скульптуры	—
Изготовление гипсовых форм с барельефов	26
Пропитка и изоляция гипсовых форм	27
Восковые формы	29
Рецепты восковых композиций	—
Изготовление форм для барельефной и медальерной скульптур	31
Изготовление восковых форм для мемориальных досок	34
Наращивание металла на восковые и пластилиновые модели	36
Изготовление металлических форм для литья скульптур из пластических масс	38
Металлизация кружев	40
Изготовление металлических гербариев из листьев	42
Покрытие металлом растений и насекомых	43
Покрытие металлом изделий из дерева, перьев птиц и других предметов	44
Изготовление прессформ для прессования изделий из акрилата	45

Нанесение электропроводящего слоя на формы

Нанесение графита	46
Металлизация форм	50
Бронзирование	—
Серебрение	—
Меднение	51

Электролитическое наращивание

Зарядка форм	52
Загрузка форм в ванну	55

Декоративная отделка изделий

Значение декоративной отделки	56
Подготовка изделий к отделке	57
Химическое тонирование	—

Электрохимические и химические способы декоративной отделки изделий

Гальваническое серебрение	61
Химическое серебрение	62
Окрашивание медных или омеднённых изделий в яркие цвета	—
Окрашивание меди в яркие цвета	—
Химическое никелирование	68
Декоративная отделка изделий «кристаллитом»	70
Декоративная отделка изделий, имитирующая агат	71
Декоративная отделка изделий из алюминия и его сплавов	—
Получение «эмали» на алюминии и его сплавах	75
Практические указания по проведению процесса эмалирования в электролите с солями титана	76
Практические указания по ведению процесса эмалирования в хромовоборном электролите	77
Декоративная отделка изделий из алюминия, имитирующая гранит	79
Нанесение изображений на изделия фототравлением	81
Изготовление печатных схем	83
Техника изготовления печатных схем и деталей	84
Правила безопасности при работе с кислотами и щелочами	86
Термины, применяемые в художественной гальванотехнике	87

Николай Васильевич Одноралов

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

Редактор *В. В. Баулина*

Художник *А. Л. Соколова*

Художественный редактор *Н. А. Володина*

Технический редактор *В. Ф. Егорова*

Корректор *А. П. Родионова*

Сдано в набор 17/VI 1964 г. Подписано к печати 20/X 1964 г. 84×108^{1/32}.
Печ. л. 5,75 (4,83). Уч.-изд. л. 4,59. Тираж 27 тыс. экз. Тем. план 1965 г.
№ 463. А 08194. Заказ № 6697.

Издательство «Просвещение» Государственного комитета
Совета Министров РСФСР по печати,

Цена 12 коп.

