

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	3
История и цель гальванопластики	5
Законы электролиза	9
Гальваническая установка и режим работы	11
Состав электролита и его приготовление	13
Получение медных скульптур техникой гальванопластики	19
Изготовление форм	25
Нанесение электропроводящего слоя на формы	46
Электролитическое наращивание	53
Декоративная отделка изделий	64
Электрохимические и химические способы декоративной отделки изделий	73

Николай Васильевич Одноралов

Занимательная гальванотехника

Редактор В. В. Баулина

Художественный редактор Л. Г. Бакушева

Технический редактор Л. А. Пухова

Корректор О. С. Захарова

ИБ № 3418

Сдано в наб. 19.01.79. Подп к печ. 22.06.79. Формат 84×108¹/₃₂.

Бум. офсетная № 2. Гарн. литер. Печать высокая.

Усл. печ. л. 5,04. Уч.-изд. л. 4,84. Тираж 40 000 экз.

Заказ 289. Цена 15 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение»

Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Областная типография, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3

ББК 34.663

О-43

Одноралов Н. В.

О-43 Занимательная гальванотехника: Пособие для учащихся. — 3-е изд. — М.: Просвещение, 1979. — 106 с., ил.

В пособии изложены способы и приемы выполнения всевозможных гальванопластических покрытий серебрение, никелирование, хромирование и др. Много внимания уделено изготовлению для школы декоративных металлических изделий несложных клише. Технология и рецептура, предлагаемые в книге, просты и доступны.

Цель книги — расширение кругозора учащихся и привитие им необходимых практических навыков.

О 60601-655 264-79 4306021400
103(03)-79

ББК 34.663
6П4.52

© Издательство «Просвещение», 1979 г.

Книга «Занимательная гальванотехника» предназначена для учащихся. Мы назвали ее занимательной, так как в ней описаны наиболее эффектные 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 нами, просты, практически проверены автором и могут быть легко освоены школьниками, знакомыми с элементарными основами химии и электротехники. Автор в своей работе стремился способствовать развитию практических интересов учащихся и приобретению ими навыков самостоятельного пополнения знаний.

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

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

В настоящем издании некоторые разделы книги дополнены и переработаны.

Метод гальванопластики находит широкое применение в различных областях промышленности — машиностроении, приборостроении для получения высокоточных или тонкостенных изделий и др.

Особенно широкое применение находит гальваностегия, имеющая особо важное значение почти во всех

областях машиностроения, для нанесения защитных, декоративных и специальных металлических покрытий.

Сюда относятся покрытия, наносимые с целью повышения твердости, износоустойчивости, жароустойчивости, коррозиоустойчивости, для декоративных целей и т. п.

Все эти методы гальванотехники дают возможность улучшать изделия, выпускаемые нашей промышленностью, экономить и заменять цветные металлы. Поэтому овладение технологией гальваностегии и гальванопластики на основе теоретических и практических знаний дают возможность не только получить общее представление о прикладной электрохимии, но и овладеть определенными навыками в этой области, что даст возможность перенести их в производственные условия тем, кто посвятит себя этой интересной работе.

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 поддается обработке путем вырезывания и выдалбливания.

Позднее стали применять формы из глины с песком и т. д. Литье 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 небезуспешно работают над тем, чтобы получать отливки безукоризненной точности.

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

Здесь на помощь приходит гальванопластика, воспроизводящая форму в металле с безукоризненной точностью и любым рельефом. Гальванопластика основана на электролизе водных растворов солей металлов, которые в процессе электролиза выделяют металл, осаждающийся на поверхности форм. Гальванопластику применяют там, где требуется точность изготовления изделий или деталей в металле.

Более ста лет прошло с тех пор, как русский ученый Борис Семенович 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 пластины, на которую осаждалась.

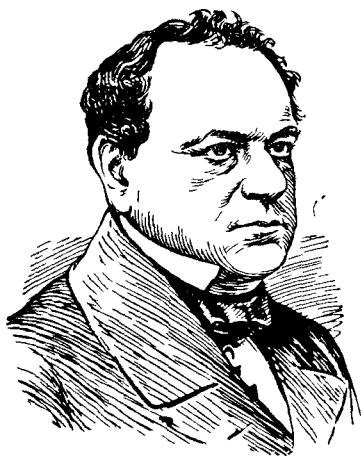
После открытия гальванопластики Б. С. Якоби продолжал работать над усовершенствованием своего открытия и только в 1838 г. продемонстрировал свое изобретение в Академии наук в Петербурге. С тех пор гальванопластика получила самое широкое распространение. Вскоре в Петербурге впервые в мире было организовано крупное промышленное гальванопластическое предприятие — завод по изготовлению монументальной скульптуры.

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 отчетом 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 путем 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 ее открытия. Существуют две области гальванотехники. Одна из них занимается осаждением тонкого слоя металла (толщиной в тысячные доли миллиметра) на другой металл для защиты его от ржавления или декоративной



Б. С. Якоби

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 ее — 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), причем осаждение металла 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 поверхности делают предварительно электропроводными.

Гальванопластику используют не только в промышленности, где изготовляют 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 изготовляют также матрицы, которыми прессуют из пластмассы патефонные 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 металлические изделия 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 нанесенному на них рисунку.

Применять гальванопластику можно и для получения металлических гербариев, делая оттиски на воске с растений и затем наращивая на восковые отпечатки металл. Можно металлизировать гальванопластическим способом цветы, семена 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 и химических кабинетов школ, на станциях юных техников, а также в домашних условиях в отведенном и оборудованном для этого месте. Этот способ не требует сложного или недоступного оборудования и материалов; все, 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.

ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Металлы, применяемые в гальванопластике, выделяются из водных растворов их солей: сульфата меди, железа 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, причем 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.

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

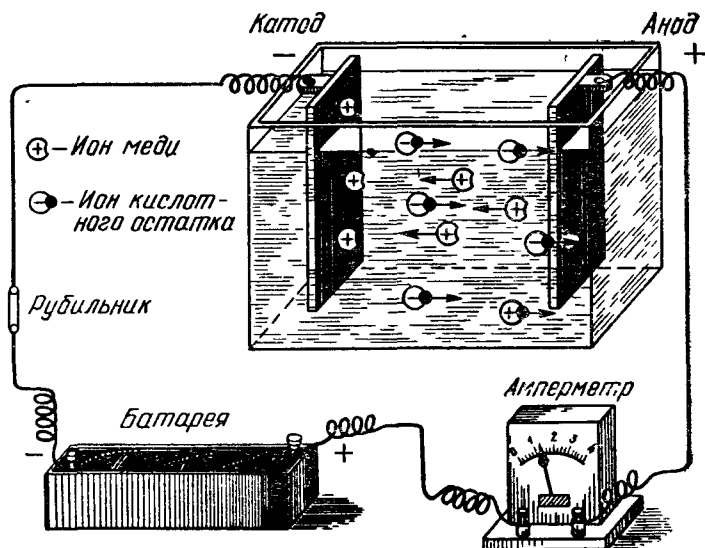


Рис. 1. Гальваническая ванна.

ные ионы будут двигаться к положительному полюсу, называемому анодом.

В гальванопластике для получения медного электролита наиболее распространен медный купорос или кристаллогидрат сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. При прохождении электрического тока через водный раствор сульфата меди 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, выделяются металлическая медь и водород, а на аноде — кислород. 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 1 А в течение 1 ч, то на катоде выделится такое же количество металла, какое выделится при прохождении тока силой 10 А в течение 0,1 ч.

М. Фарадей установил также, что количества веществ, выделенные на электродах равными количествами электричества, относятся друг к другу как химические эквиваленты этих веществ. Эквивалентная масса равна атомной массе, деленной на валентность. Так, например, атомная масса серебра равна 107,88, а так как серебро одновалентно, то эквивалентная масса его выражается тем же числом. Атомная масса меди равна 63,57, медь двухвалентна, поэтому эквивалентная масса ее $63,57 : 2 = 31,78$.

Для выделения грамм-эквивалента любого металла должно пройти количество электричества, равное $26,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$ (ампер-часам). Таким образом, от протекания $1 \text{ А} \cdot \text{ч}$ согласно закону Фарадея выделяется:

$$1 : 26,8 = 0,0373 \text{ (г-экв)}$$

Расчет количества различных металлов, выделяемых $1 \text{ А} \cdot \text{ч}$, приведен в таблице 1.

Таблица 1

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

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

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

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

Таким образом, при непрерывной длительности электролиза масса отложившегося металла зависит от силы тока. Сила тока, отнесенная 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 приведенном примере будет выделено $28,464 : 8,9 = 3,18 \text{ г/см}^3$. 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 $0,31 \text{ мм}$.

ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА И РЕЖИМ РАБОТЫ

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

форм. Емкость сосудов-ванн определяется объемом тех предметов, которые репродуцируют. Для снятия копии с медалей могут использоваться стеклянные цилиндрические банки емкостью 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, сварные из листовой пластмассы винипласта.

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, а также выпрямителями тока на диодах.

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

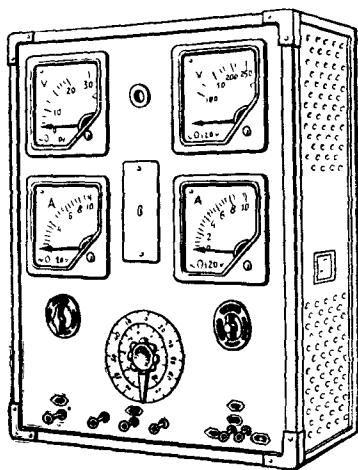


Рис. 2. Школьный электрораспределительный щит (ШЭ-56).

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 (и называется плотностью тока)¹, применяют ползунковые или водяные остатки.

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

¹ Плотность тока есть отношение силы тока к рабочей площади катода; эта величина выражает силу тока, приходящуюся на единицу поверхности, в данном случае формы.

(смотри схему гальванопластической установки рис. 3).

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, соединенным с положительным полюсом источника (анодом), для медной гальванопластической ванны служит медная пластина толщиной от 3—4 мм и больше¹.

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 кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ с добавкой серной кислоты H_2SO_4 , повышающей электропроводность.

Для приготовления медного электролита отвешивают сульфата меди из расчета на 1 л воды 150—180 г. Рас-

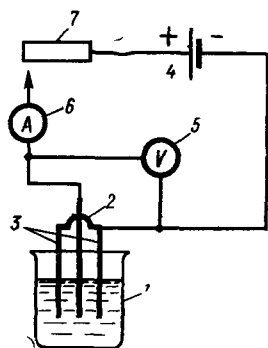


Рис. 3. Схема гальванопластической установки:

1 — ванна; 2 — анод; 3 — катоды-формы для наращивания меди; 4 — источник постоянного тока; 5 — вольтметр; 6 — амперметр; 7 — реостат.

¹ Для наращивания гальванопластической меди рекомендуются медные аноды с содержанием в меди 0,02—0,03% фосфора. Такие аноды способствуют получению качественных осадков металла и стабилизируют электролит. Стабилизируют электролит и завешиваемые дополнительно к медным алюминиевые аноды.

творение сульфата меди лучше всего вести в горячей или теплой 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 медленно, тонкой струей**, во избежание быстрого разогревания электролита и разбрызгивания, что может вызвать тяжелые ожоги.

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

Растворимость сульфата меди значительно снижается с увеличением содержания серной кислоты. При наличии повышенного содержания сульфата меди 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).

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. Сульфат меди (из расчета 150—180 г/л электролита) 2. Серная кислота (из расчета 30 г/л электролита) 3. Воск, озокерит, гипс для изготовления форм 4. Графит

Таблица 3

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

Ненормальность	Причина	Способ исправления
Осадок с неровной поверхностью, покрытой мелкими наростами и дендритами (шишковатость)	Электролит загрязнен механическими примесями, находящимися во взвешенном состоянии (анодный шлам, графит, пыль и пр.)	Отфильтровать электролит. Применить более чистый металл для анодов
Непрочный сыпучий осадок. Поверхность недостаточно гладкая, но не явно кристаллическая. Крупнокристаллический осадок. Отложение сульфата меди на аноде	1) Мало кислоты. 2) Мало сульфата меди, электролит слишком разбавлен. Избыток сульфата меди	Добавить серной кислоты и сульфата меди, руководствуясь результатами химического анализа. Разбавить электролит водой до нормы
Темный или красный цвет осадка на краях и углах (горелость)	Слишком большая плотность тока	Уменьшить плотность тока
Темный цвет всей поверхности осадка и грубошершавая поверхность его	Недостаток кислоты (так как кислота предупреждает образование на катоде окиси меди, который имеет темный цвет и, внедряясь в отложение, делает его шершавым)	Добавить серной кислоты согласно анализу электролита
Черные или коричневые полосы на отложении	Электролит загрязнен растворимыми примесями (например, мышьяком, сурьмой) из-за недостаточной чистоты анодов или серной кислоты	Проработать ваниу током большой плотности
Блестящие углубленные полосы на поверхности осадка, хрупкость меди	Загрязнение электролита органическими примесями (желатин, клей, смола)	Проработать ваниу током, окислить органические примеси перманганатом

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

Кроме сульфата меди 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 ее мелкокристаллической, более твердой и упругой.

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 перманганатом калия (2—3 г на 1 л электролита) или удаляют их мелко истолченным 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 счет выделения теплоты при прохождении электрического тока через электролит.

Фильтрация электролита должно осуществляться возможно чаще, это дает 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 легкие 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 фильтрование электролита имеет важное значение для получения доброкачественных отложений меди. Обычно фильтрование производится сифонным передливанием электролита через фильтр из сукна, стеклянного или асбестового волокна.

ТЕХНИКА АНАЛИЗА МЕДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Содержание серной кислоты определяется путем титрования.

Для определения содержания свободной серной кислоты необходимо иметь приборы: бюретку на 200 мл, пипетку на 1—2 мл, стеклянную палочку, два стеклянных стаканчика. Реактивы: раствор 0,2 н.¹ гидроксида натрия NaOH или гидроксида калия КОН и индикатора 0,1-процентный раствор метилового оранжевого.

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 индикатора и приступают к титрованию щелочью до перехода розовой окраски раствора в желто-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);

¹ Нормальный раствор готовится по плотности гидроксида натрия (или калия). Так, при плотности гидроксида натрия, равной 1,010 н., раствор будет равен 0,238.

A — количество раствора гидроксида, пошедшего на титрование пробы в миллилитрах; B — количество электролита, взятое для анализа, в миллилитрах; n — нормальность раствора гидроксида; 0,049 — коэффициент пересчета на содержание серной кислоты; 1000 — коэффициент пересчета на 1 л.

Определение содержания меди

Наиболее простой и быстрый способ определения содержания меди в электролите основан на том, что плотность раствора сульфата меди и серной кислоты при одинаковой концентрации равны и при смешении этих растворов плотность смеси не изменяется. Измерив плотность электролита и зная количество серной кислоты в нем, можно по таблице 4 определить количество сульфата меди. Для определения необходимо иметь ареометр, цилиндр, термометр.

Ход анализа

Электролит размешивают в ванне и наливают в цилиндр. Затем опускают ареометр и определяют плотность электролита при температуре 25 °С.

После этого по таблице 4 находят общее содержание медного купороса и серной кислоты в соответствии с

Таблица 4

Плотность сульфатного медного электролита в зависимости от общего содержания в нем ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) при температуре 25 °С

Плотность электролита	Общее содержание ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) (в г/л)	Плотность 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

плотностью электролита. Зная количество серной кислоты в электролите, по разности находят содержание в нем сульфата меди.

Пример. Плотность электролита при температуре 25°C равна 1,16, что соответствует общему содержанию сульфата 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 сульфата меди составит: $268 - 35 = 233$ (г/л).

ПОЛУЧЕНИЕ МЕДНЫХ СКУЛЬПТУР ТЕХНИКОЙ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Одним из первых применений гальванопластики было изготовление декоративной скульптуры. Техникой гальванопластики в 30—40-х гг. XIX в. было впервые в России изготовлено значительное количество скульптуры, сохранившейся до нашего времени (например, часть скульптуры на фасаде Исаакиевского собора в Ленинграде, скульптура в Екатерининском парке города Пушкина и др.).

Свое произведение скульптор обычно создает в глине или пластилине. Однако законченное произведение никогда не остается в этих материалах, оно передается 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 пол-

ным сохранением объемных 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 (объемный) 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 объемной (статуи), может рассматриваться с любого места и со всех сторон, хотя всегда имеет главную, фасадную сторону.

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

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

Очертание называется разъемным, если перемещение его параллельно самому себе и не встречает препятствий ни в одной точке. Так, на рисунке 4 очертание является разъемным в направлении, указанном стрелками, а очертание (рис. 5) не обладает разъемностью ни в каком направлении.

Обычно очертание можно разделить на части, каждая из которых является разъемной (рис. 4). Пространственные очертания, при разделении которых затруднений не возникает (рис. 3), называются простыми (работающими на выход); пространственные очертания, которые имеют «поднятия», создающие «замки», и потому не могут быть разделены (рис. 4), называются сложными (замковыми).

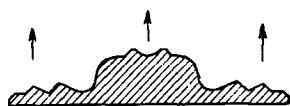


Рис 4. Схема изделия, работающего на выход.

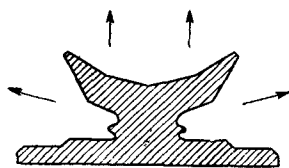


Рис 5. Схема изделия с «замками».

В процессе копирования предмет покрывают слоем того или иного материала, а, отделив этот материал, получают рельеф, обратный копируемому. Контактное копирование с обратного рельефа снова дает 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, обращенную по отношению к модели, подобно слепку с нее. Когда репродуцирование производят с плоских скульптур, барельефов или медалей, обычно применяют воск, церезин, озокерит (продукты нефти), гипс или пластилин.

Со скульптур, выполненных в глине или пластiline, обычно снимают из гипса черновые формы, из которых удаляют глиняные модели, разрушая последние. Черновая форма обычно состоит из двух (реже трех) частей — раковин (рис. 6). С отдельных раковин снимают гальванические копии, которые затем спаивают между собой так, что получается объемная 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. 7).

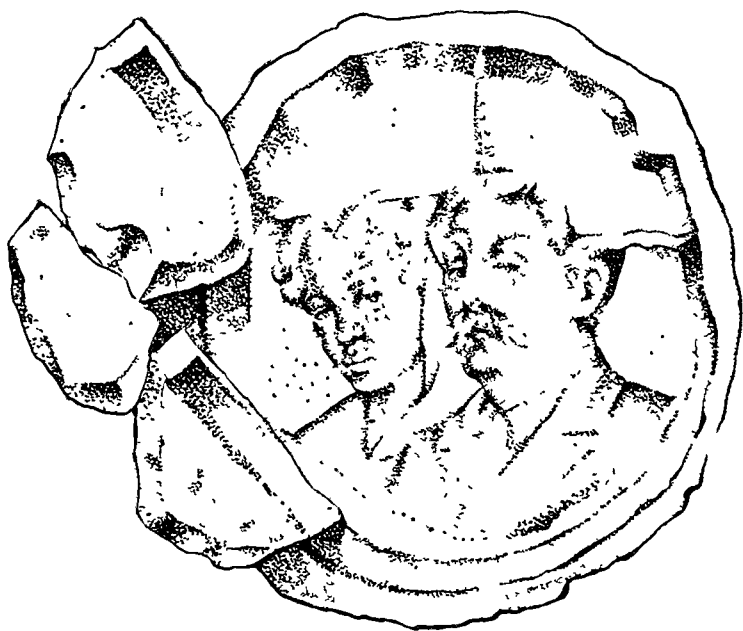


Рис 6 Раковина гипсовой черновой формы.

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 дает 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 самы-

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



Р и с 7. Кусковая гипсовая форма

ми 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

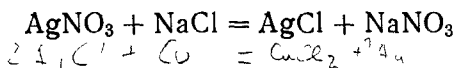
наращивании металла в гипсовую или восковую форму, рельеф модели натирают графитом для придания ей электропроводности.

Нарастив металл на модель, получают ее 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 сращиванию металла формы с металлом, откладывающимся в процессе электролиза.

Для разделительного слоя используют различные растворы, например раствор нитрата серебра. Для этого 10 г нитрата серебра растворяют в 0,5 л воды и смешивают с раствором хлорида натрия (любой концентрации). Выпавшие белые хлопья AgCl отделяют декантированием и растворяют в 5—10-процентном растворе тиосульфата натрия.

Серебрение поверхности формы производят без применения источника электрического тока — за счет 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 пленка серебра прекратит непосредственное соприкосновение меди с раствором серебра.

Этот способ вытеснения одного металла другим за счет разности их электрохимических потенциалов называется контактным.

Нанесенный тончайший слой серебра разделяет медь формы от меди, осаждающейся на нее в процессе электролиза, не давая образующимся кристаллам меди срастись с кристаллами медной формы. Чтобы еще в большей мере воспрепятствовать сращиванию формы, посеребренную форму дополнительно оксидируют в 2-процентном растворе дихромата калия или в водном

растворе иода, погружая ее в один из этих растворов на несколько секунд, вследствие чего появляется темная пленка хромата или иодида серебра.

По получении репродукции требуемой толщиной ее 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) 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 круглой скульптуры

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

Как было уже отмечено выше, черновые формы обычно состоят из двух, иногда трех кусков-раковин. На рисунке 6 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 подготавливают соединительные швы раковины, затем спаивают их.

Для получения репродукции, не требующей подгонки и спаивания двух разрозненных ее частей, прибегают к следующему приему. 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 желтый озокерит: он обладает высокой пластичностью и вязкостью.

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

Применение обычных черновых форм с наращиванием металла в каждую раковину в отдельности наиболее просто и технически удобно, но требует подгонки раковин.

На рисунке 8 показана скульптура, изготовленная в черновой форме. В ее затылочной части облой, который удаляют, после чего в это место впаивают затылочную деталь, изготовленную во второй раковине черновой формы. В данной скульптуре боковины и спина отсутствуют, так как они плоские; их изготавливают из листовой меди и при монтаже впаивают.

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

Применение обычных черновых форм целесообразно

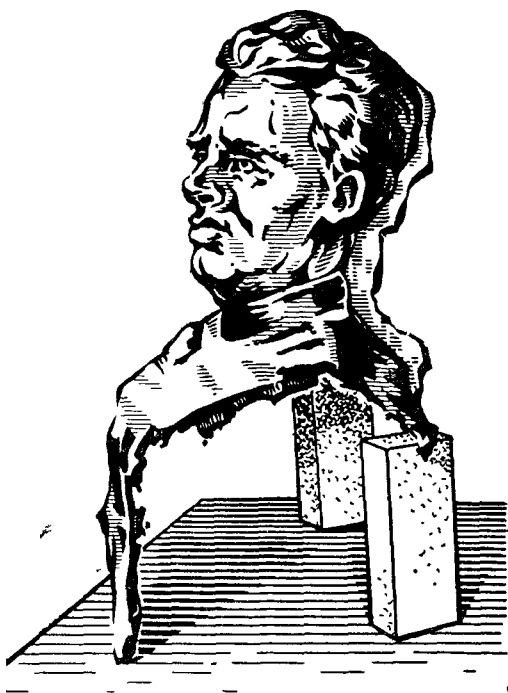


Рис. 8. Скульптура, изготовленная в черновой форме.

главным образом при изготовлении крупной скульптуры. Отдельные детали можно готовить в кусковых формах, а затем готовые детали спаять между собой.

Изготовление гипсовых форм с барельефов

При изготовлении форм с барельефов, медалей и других художественных изделий, имеющих рельеф без «поднутрений» («замков»), формы снимают путем 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 бы-

ло не залитых гипсом мест и следов воздушных пузырьков.

Нанеся тонкий слой гипса на поверхность копируемой модели, заливают ее разведенным гипсом. При этом работу следует выполнять достаточно быстро, так как разведенный гипс затвердевает. При снятии гипсовых форм с гипсовых моделей последние предварительно должны быть смазаны раствором парафина в керосине. Смазка этим раствором предотвращает срачивание 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, ватманской бумаги 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 дает трещин.

Гипсовые формы пропитывают расплавленными восковыми составами с температурой плавления от 50 до

125°C 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 нем выдерживать формы. Чем толще стенки формы, тем больше времени требуется для подогрева и пропитывания. Массивные толстостенные формы следует пропитывать не слишком перегретыми составами, чтобы избежать разрушения гипса от перегрева; наиболее пригодны составы с температурой плавления 60—80°C. Таковы, например, составы на петролатумной, церезиновой, озокеритовой и стеариновой основах с добавками канифоли. Пропитывание производят с выдержкой в пропитывающем составе в течение 2—2,5 ч. 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 материала	Температура плавления (в °C)	Наименование материала	Температура плавления (в °C)
Парафин	49—60	Воск-моитан	70—80
Церезин	50—80	Петролатум	80—110
Стеарин	60—63	Канифоль	70—130
Воск пчелиный	61—67	Озокерит	85—130

Сорта церезина с высокой температурой плавления можно употреблять для пропитывания форм без смешивания с другими материалами. Однако наиболее целесообразно производить пропитку в озокеритовой композиции, 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 зажиривать 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-трех компонентов. Некоторые из них приведены ниже в процентах:

1. Озокерит	70
Восковая монтажная композиция (темпл. пл. 85 °С)	30
2. Озокерит	70
Восковая монтажная композиция	15
Канифоль (темпл. пл. 64,5 °С)	15
3. Озокерит	85
Канифоль	5
Стеарин (темпл. пл. 75 °С)	10
4. Восковая монтажная композиция	80
Петролатум (темпл. пл. 82 °С)	20

ВОСКОВЫЕ ФОРМЫ

Рецепты восковых композиций

Восковые композиции удобны для непосредственной заливки на металлические модели, а также гипсовые, смоченные водой во избежание прилипания 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 образца к образцу,

следует рецепты не копировать слепо, а смело приспособлять их к конкретным условиям, учитывая при этом особенности отдельных компонентов восковых композиций. Парафин снижает мягкость пчелиного воска, но увеличивает усадку; спермацет облегчает смешение компонентов; введение лишнего стеарина следует избегать, так как он реагирует с электролитом медной ванны; минеральное масло и говяжий жир смягчают композицию, но могут зажиривать проводящий слой. Еще более сильным смягчающим действием обладает скипидар: он не портит проводящего слоя, но при длительном хранении восковой композиции может улетучиться из нее.

Графит в очень незначительной степени повышает электропроводность форм и лишь облегчает последующий процесс графитирования. Оседая во время отливки восковых форм в расплавленной массе залитого воска, он сосредоточивается на рабочей поверхности формы, где 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 массе):

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

Таблица 6

Восковые композиции

Название компонентов	Количество (масса в частях)									
Воск пчелиный	17	25	40	6	7	45	3	120	100	70
Озокерит	—	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

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

Из числа композиций, дающих минимальную усадку, рекомендуют следующие (состав в процентах по массе):

1. Канифоль	70
Воск пчелиный	20
Парафин	10
2. Воск пчелиный	30
Стеарин	70
3. Воск пчелиный	30
Озокерит	5
Канифоль	5

Восковые композиции лучше всего плавить на паровой бане в специальном котле, хуже — на песочной бане, еще 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 шелк.

Изготовление форм для барельефной и медальерной скульптур

Восковые формы, применение которых обеспечивает высокую точность репродуцирования, применяются главным образом для медальерной и барельефной скульптур.

Сравнительная дешевизна восковых композиций и хорошая связь с наносимым электропроводящим слоем, простота изготовления восковых форм, повышенная точность репродукций с них делают такие формы наиболее распространенными в технике гальванопластики. Не-

достатком 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.

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 округлой и обладающей низким рельефом, требуются округлые 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 9 показан момент заливки восковой формы с применением обичайки.

Перед снятием форм с металлической барельефной скульптуры модели должны быть предварительно хорошо протерты для удаления пыли и подогреты до 50—60 °С, после чего модели кладут в обичайку и заливают расплавленным воском. Восковые формы следует отливать на гладкой мраморной, керамической или металлической подложке (листе), на которую кладут газету.

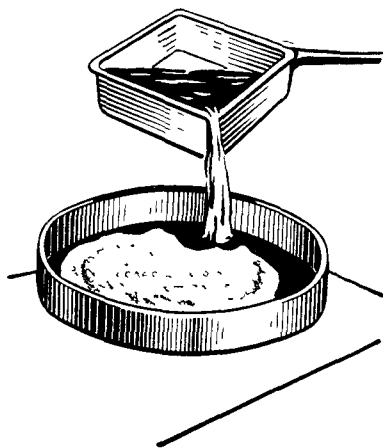


Рис. 9. Заливка восковой формы.

Периметр обичайки должен быть несколько больше периметра модели, чтобы готовые формы имели достаточно прочные и широкие борта. Так, при диаметре 50—100 мм ширина стенок форм должна быть на 1—2 см больше диаметра барельефа. Это необходимо для укладки проволочников на стенки форм и удобства расположения отверстий для груза и контакти-

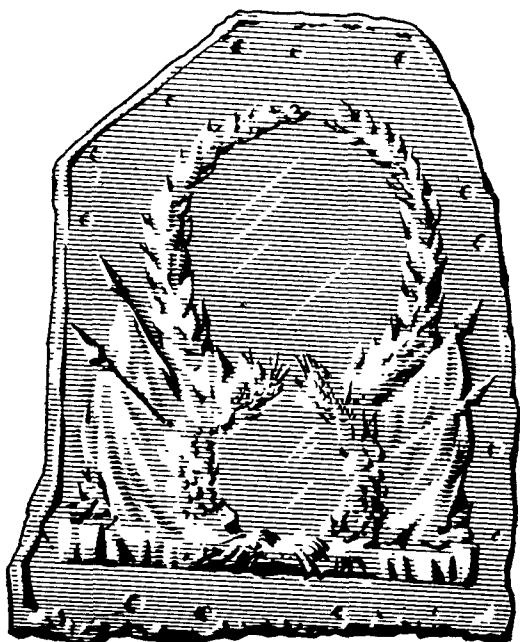


Рис. 10. Модель с бортами.

рующей подвески, а также для того, чтобы при обрезке облоя по периметру наращенной скульптуры можно было бы без затруднений пользоваться ножницами. Модель с бортами достаточной ширины показана на рисунке 10.

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 обнчайку равномерной струей, без брызг; воск следует лить между обнчайкой и моделью, постепенно наполняя обнчайку воском. Равномерная и достаточно медленная заливка воска, притом не на модель, а сбоку, дает возможность получать формы без раковинности, 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 30—40 °С.

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

Восковыми композициями удобно также пользоваться с целью получения оттисков с плоских филигранных изделий, офортов и граверных моделей.

Изготовление восковых форм для памятных досок

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

От правильности формирования скульптуры с учетом 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.

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 ее 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 ее размерами.

Барельеф и раму выполняют гальванопластически и обрезают по контуру. Буквы для текста выпиливают

из пластмассы, на деформирующейся при 60—70 °С (температура заливки воска). По разметке на ватманской бумаге буквы наклеиваются на нее нитролаком. Барельеф предварительно заливают с обратной стороны воском для создания правильной плоскости и тоже приклеивают нитролаком. Так же устанавливают и раму доски. В случае наличия воздуха под барельефом или другими деталями доски он, выходя наружу, вызывает раковистость на поверхности восковой формы.

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

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 нее заформованные детали. Для удаления из восковой формы деталей, в особенности пластмассовых букв, лучше всего пользоваться тонким шилом или ножом с узким острием. Затем форму осматривают, устраняют обнаруженные дефекты, подрезают края.

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 ее 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.

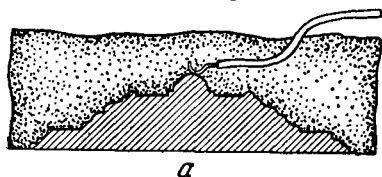
К деталям, наращиваемым поверху, относятся, например, всевозможные художественные изделия, которые должны быть тонкостенными или не должны иметь соединительных швов¹.

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.

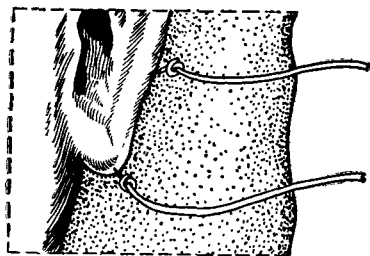
Восковые модели изготавливаются из озокерита или композиции, содержащей 50% парафина или 50% стеарина и обладающей достаточно низкой температурой плавления и незначительной усадкой, а после застывания — значительной твердостью.

Парафино-стеариновая композиция заливается в увлажненные гипсовые кусковые формы.

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



а



б

Рис. 11. Подводка проводников к углубленным местам в форме: а — в виде крючка; б — в виде узла.

Перед заливкой воска в гипсовую форму укладывают контактирующие проводники в виде крючка или узла, 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.

¹ Для получения металлизированных растений, листьев, цветов, фруктов и т. п. Подробнее об этом см. ниже.



Р и с. 12. Образец скульптуры, наращенной поверху.

При наращивании деталей поверху решающее значение имеет скорость затяжки детали металлом в гальванопластической ванне. Она зависит от качества нанесенного 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 рифлевками (напильниками специальной формы), а затем прочеканивают, после чего восковую композицию вытапливают.

Образец скульптуры, наращенной поверху, представлен на рисунке 12.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ СКУЛЬПТУР ИЗ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Металлические формы изготавливаются методом контактного копирования с моделей скульптуры.

Чтобы получить формы для репродуцирования скульптур из литейных пластических масс, предварительно изготавливают модели таким же способом, как для наращивания поверху (см. с. 36). В кусковые гипсовые увлажненные формы заливают специальную восковую композицию, например, следующего состава (в г):

Озокерит	700
Парафин	200
Канифоль	100

На полученные восковые модели наносится затем тончайший графитный электропроводящий слой, для чего их натирают тонкой просеянной графитовой пудрой. 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 щелочью и промывают горячей водой. Изготовленные таким способом формы отличаются высокой точностью, легкостью и прочностью.

В эти формы затем заливается пластмассовая смола, например, эпоксидная, резитовая, неoleyкоритовая или другие фенопластовые смолы, обладающие высокими литейными свойствами. После конденсации¹ — отвердевания пластмассовой смолы — формы удаляются с готовых скульптур путем 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 катоде.

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

¹ Отвердевание заливной пластмассы 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 °С.

- МЕТАЛЛИЗАЦИЯ КРУЖЕВ

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

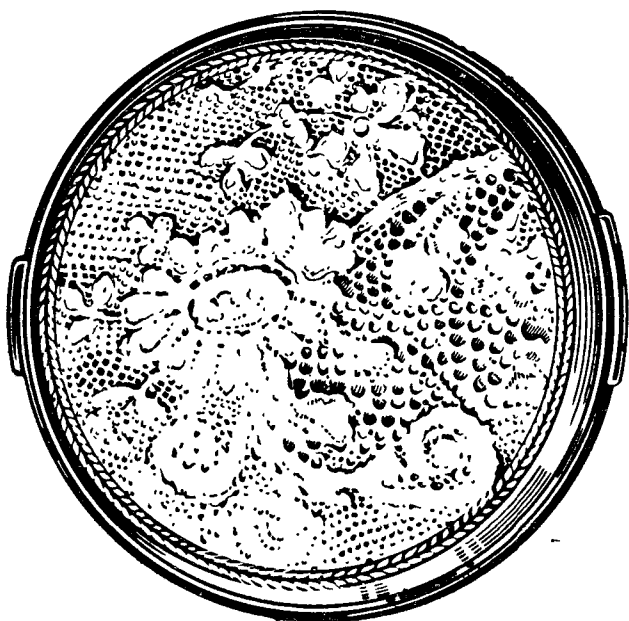
Кружева, металлизированные техникой гальванопластики, можно использовать для разнообразных художественных изделий. Они могут служить основным материалом для изготовления всего изделия или вводиться в изделие как декорирующие художественные элементы.

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 (рис. 13, 14).



Рис. 13. Подстаканник, стенки которого изготовлены из металлизированного кружева.



Р и с. 14. Пудреница, орнаментированная металлизированным тюлевым кружевом в виде накладки на крышку.

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

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 сдуть с кружев. 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. 15).

Кружева, покрытые медью, обрабатывают латунной щеткой. Из металлизированных кружев вырезают требуемую заготовку и монтируют на изделия или изготов-

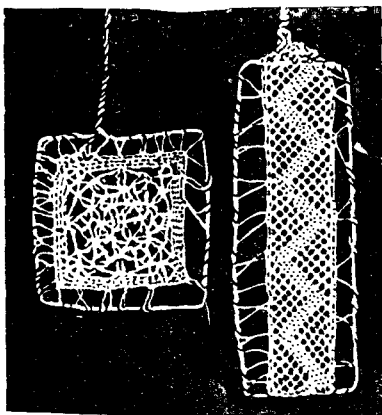


Рис. 15. Натягивание проводником кружева.

ляют само изделие, придавая заготовке кружева соответствующую форму.

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

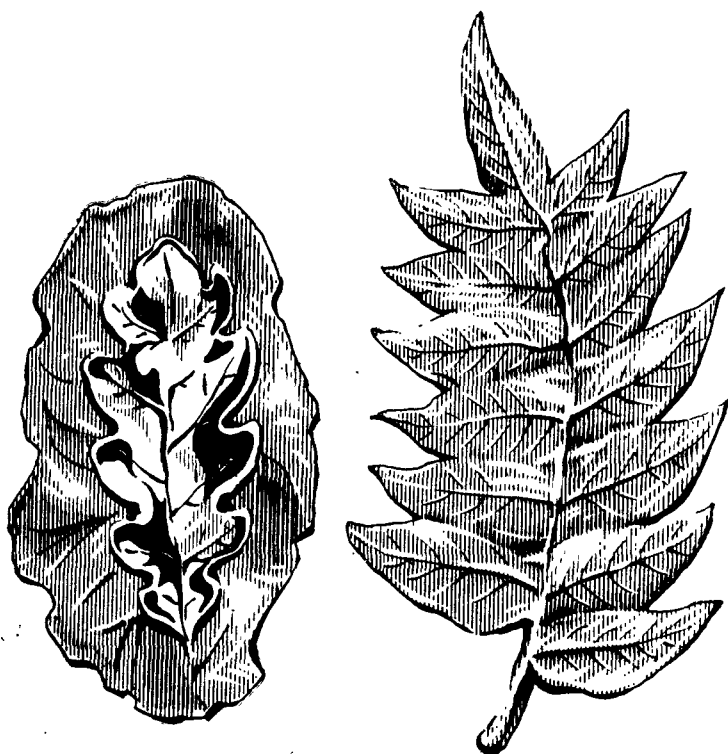
Гальваностегическая отделка заключается в нанесении декорирующего слоя серебра или золота или оксидирования в соответствующий тон.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГЕРБАРИЕВ ИЗ ЛИСТЬЕВ

Для получения металлических гербариев (рис. 16) 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 расчетом, чтобы поверхность восковой композиции была еще эластичней.

Листья накладывают на поверхность воска и прижимают их стеклом. После этого снимают стекло и лист, и на восковой композиции остается четкий 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.



Р и с. 16. Металлический гербарий.

ПОКРЫТИЕ МЕТАЛЛОМ РАСТЕНИЙ И ФРУКТОВ

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

После этого на поверхность предметов, покрываемых металлом, следует несколько раз нанести тонкий слой шеллачного лака.

Для металлизации растений готовят четыре раствора (применяя при этом дистиллированную воду): первый

раствор — 4 г гидроксида натрия на 100 мл воды; второй — 4 г нитрата серебра на 100 мл воды; третий — 7 г аммиака (25-процентный раствор) на 100 мл воды и четвертый — 2,5 г сахара на 85 мл воды. Все четыре раствора сливают в один сосуд. В приготовленную жидкость опускают растение, которое хотят металлизировать серебром, а затем покрыть медью. После того как поверхность растения покроется серебром, его вынимают из раствора, прополаскивают водой и загружают в гальванопластическую медную ванну.

Для устранения плавучести в электролите фрукты, 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, например рельефы, могут быть покрыты тонким слоем металла. Покрытые металлом деревянные изделия внешне будут имитировать металлические — литые.

Предварительно изделия из дерева проваривают в воске или парафине, церезине, озокерите 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 17; 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 ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АКРИЛАТА

Путем гальванопластики можно готовить пресс-формы для прессования в них предварительно размягченного акрилата (органического стекла). Для этого с рельефной модели снимают металлический контр-

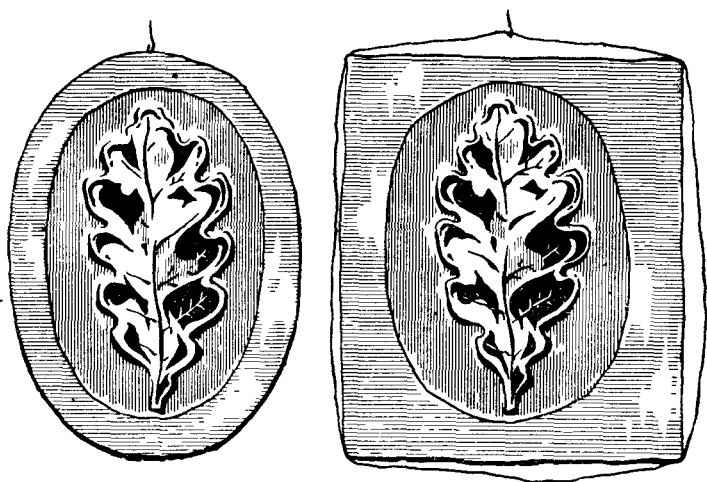


Рис. 17. Пример зарядки форм:

Слева — правильная зарядка формы, справа — неправильная зарядка.

рельеф, 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 ее до отложения на ней меди толщиной не менее 1,5—2 мм.

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. 18) 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 пресс-форме можно прессовать изделия из пластической массы — органического стекла, предварительно размягчив его над электрической плиткой или в кипятке до состояния резины.

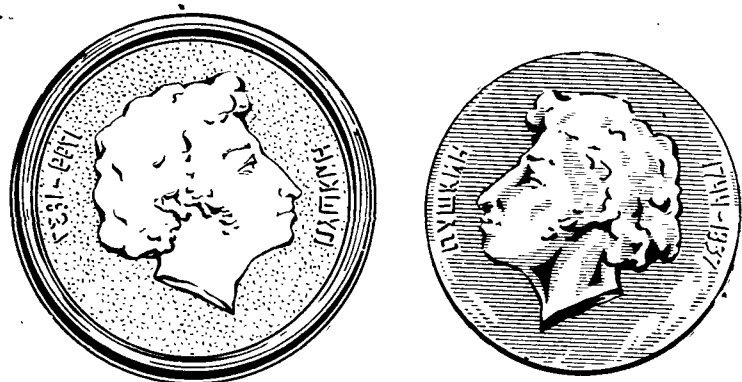


Рис. 18. Пресс-форма.

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

Подготовленную таким образом пресс-форму 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 легким 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 нем обычно оксиды железа, для чего его замешивают с водой в сметанообразную массу и добавляют хлорводородную кислоту; 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 шелковое 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 оправкой кисти.

Для графитирования обычно применяют акварельные колонковые кисти от № 8 до № 14, а также более жесткие кисти, употребляемые в масляной живописи. Кроме

¹ Этот процесс обработки графита не обязателен; можно использовать мелкоперемолотый карандашный графит марок КБ и КТ, величина кристаллов такого графита 50 мкм.

того, пользуются ватными тампонами, главным образом для натирания гипсовых форм.

Гипсовые формы, пропитанные воском, или восковые формы лучше графитировать, когда они еще не совсем остыли: сцепляемость частиц графитовой пудры с воском значительно повышается. Для этого производят графитирование в два приема. Предварительно еще теплую форму осторожно припудривают ватным тампоном, нанося графит в избытке; затем после охлаждения форму 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 жесткой 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 объемные скульптуры из пластилина их следует предварительно покрывать шеллачным лаком или нитролаком для создания тонкой пленки, предохраняющей поверхностный слой пластилина от повреждений при графитировании и от размывания электролитом.

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

Объемные скульптуры из пластилина, на которые наращивается металл, надо изготавливать на алюминиевых каркасах. Если опора каркаса выходит наружу, ее следует покрывать парафином или воском. Но выступающую часть каркаса следует оставлять до конца гальванопластического процесса, так как каркасом можно пользоваться для подвески скульптуры в ванну. Только по окончании процесса выступающую часть каркаса от-

резают 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 приемом. 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 пр. 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 струей теплого воздуха или фильтровальной бумагой. Затем незатянувшиеся места надо подграфитить мягкой кистью, лучше торцовой, которая дает 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 обдывать формы со сложным глубоким рельефом.

МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ФОРМ

Бронзирование

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

При помощи кисти натирают форму, затем 15—25-процентным раствором спирта полностью смачивают всю ее поверхность. Немедленно после смачивания сливают спирт с формы и наливают на нее подогретый до 30—35°C раствор, состоящий из 6 г нитрата серебра и 50 г тиосульфата натрия. Когда окраска поверхности формы изменится, раствор сливают и наливают свежий. После того как форма приобретет 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:

Хлорид олова ¹	5 г
Хлороводородная кислота ($\rho=1,19$)	40 мл
Дистиллированная вода	1 л

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

№ 1. Нитрат серебра	40 г
Дистиллированная вода	1 л
№ 2. Пирогаллол	7 г
Лимонная кислота	4 г

¹ Хлорид олова является катализатором и одновременно восстановителем серебра.

Перед работой смешивают 1 ч. массы раствора № 1 и 5 ч. массы 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 сульфидом серебра. Для этого обработанную хлоридом олова форму обливают (или смазывают кистью) раствором аммиачного серебра:

Нитрат серебра	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 сульфида железа и обливают хлорводородной кислотой. При обдувании форм из пульверизатора на дно пузырька наливают сульфат аммония и вставляют пульверизатор так, чтобы отводная трубка его была на некотором расстоянии от жидкости.

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

Применяют также способ образования пленки сульфида 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 ч. массы нитрата серебра и 6 ч. массы спирта. Влажную форму помещают в камеру с сероводородом или обдувают струей сероводорода.

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

Меднение

Металлическую медь наносят на форму иными способами. Так, можно предварительно графитированную форму облить сперва 50-процентным раствором спирта

для улучшения смачиваемости формы, затем 20-процентным раствором сульфата меди с добавлением 15-процентного раствора спирта ректификата. Обработанную таким образом еще 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 оксидом магния, замешанными на 10—15-процентном растворе карбоната калия или другой щелочи. Для фарфоровых или стеклянных изделий рекомендуется погружение на 1—2 мин в слабый раствор плавиковой кислоты. После подготовки изделия тщательно промывают струей воды, погружают в 1-процентный раствор нитрата серебра на 5 мин и высушивают при 40—50 °С.

Предварительно изделие покрывают медным слоем, погружая его на 10—20 мин в подогретый до 25—35 °С состав, состоящий из раствора меди, 400 мл 3-процентного раствора гидроксида натрия, 200 мл восстановителя и, наконец, 800 мл формалина. Раствор имеет следующий состав:

Сульфат меди 3-процентный	1 л
Аммиак концентрированный	20 мл
Глицерин	70—80 мл

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 приобретет янтарный цвет. Затем его разбавляют водой до объема 1250 мл.

Изделие 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 подвеской для крепления на катодных штангах. Если плотность материалов, из которых изготовлены формы, меньше плотности электролита, то формы должны быть снабжены грузами, удерживающими их под верхним уровнем электролита.

Проводники должны быть из очень мягкой, хорошо отожженной 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 желательно небольшое омическое сопротивление таких проводников, достигаемое не только большим их диаметром, но и большей площадью соприкосновения с нанесенным на формы электропроводящим слоем.

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

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

Отверстия располагают в нерабочих краях формы; они должны иметь такой диаметр, чтобы в них можно было ввести контактирующие провода или подвески, 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 19 изображена гипсовая форма барельефа, у которой верхнее отверстие предназначено для подвески, а нижнее — для груза.

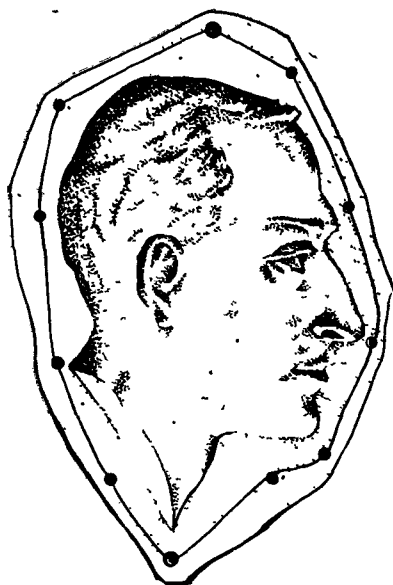


Рис 19 Пример зарядки формы.

Контактирующие проводники прокладываются на расстоянии 0,5—1 см от границ готового изделия, что дает 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 удаление облоя. У объемных 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 острием ножа к плоскости формы. По окончании прокладки проводника его второй конец снова вводят в подвесочное отверстие формы, а затем в то же отверстие вводят подвеску в виде изолированного проводника, конец которого очищен от изоляции на длине, достаточной для контакта с концами проводника, продолженного на форме. Затем подвесочный провод загибают в виде крючка.

Для изготовления подвесок плоских форм лучше употреблять одножильный медный провод с хлорвиниловой изоляцией, для подвесок объемных форм — мягкий многожильный провод с резиновой или иной надежной изо-

ляцией, 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.

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

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 стеклышек или бисера; они трудно удаляются даже при резком стряхивании формы, и только кистью их сравнительно легко удалить.

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

Закрытые объемные 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.

УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОГО ОТЛОЖЕНИЯ МЕТАЛЛА

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

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

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

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

Расположение электрических силовых линий между анодом и катодом является главным фактором, определяющим распределение металла; оно зависит от формы электродов, расстояния между ними и сечения всей массы электролита, через которую проходят электрические силовые линии, а также от состава электролита. Не следует полагать, что та или иная плотность силовых линий связана с изменением потенциала в разных точках электрода, так как ввиду высокой проводимости последнего потенциал его практически равномерен. (О существенных различиях потенциала можно говорить только в период затяжки металлом формы из непроводника.)

Соответственно различной степени средоточия силовых линий плотность тока на отдельных участках резко профилированных катодов различна в разных местах профиля: она значительно возрастает не только по их краям, но и на ребрах и других выступающих элементах форм. Напротив, в углубленных местах форм плотность тока резко убывает (рис. 20).

Способность электролита равномерно распределять металл на катоде, или «сработать в глубину», выражает-

ся рассеивающей способностью электролита. Она различна у разных электролитов, но практически всегда недостаточна. Поэтому регулирование толщины отложения металла по всему профилю форм является одним из главных элементов технологии гальванопластики.

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

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

На разных участках анода плотность тока также различна и особенно повышена у краев анода, где она растворяется наиболее интенсивно (рис. 21).

Обычно сечение электролита всегда больше площади электродов, и потому силовые линии могут уходить в глубь электролита. Распределение силовых линий между анодом и катодом ухудшается при прохождении тока в больших объемах электролита. На рисунке 22 приведена схема распределения их, когда над элект-

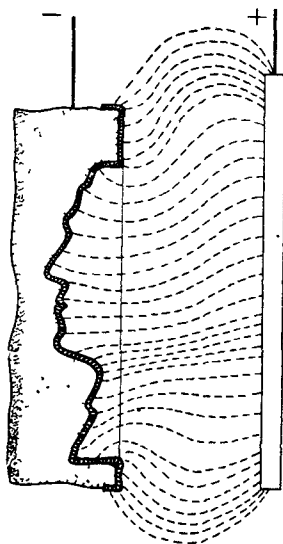


Рис. 20 Распределение силовых линий.

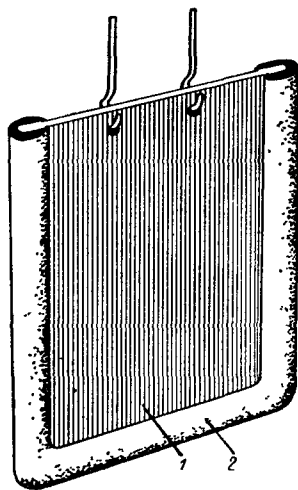
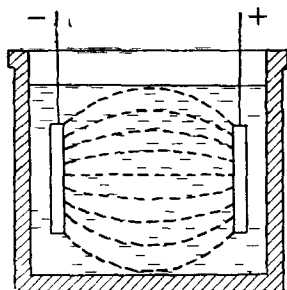
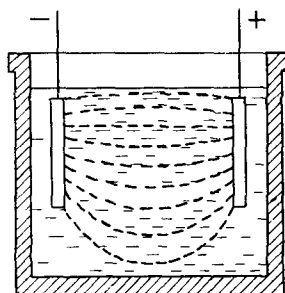


Рис. 21. Анод, изолированный по торцу:

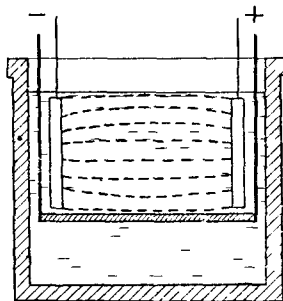
1 — анод; 2 — рамка из полихлорвинилового шланга



a



б



в

Рис 22 Схема силового поля при разном расположении катода и анода в электролите

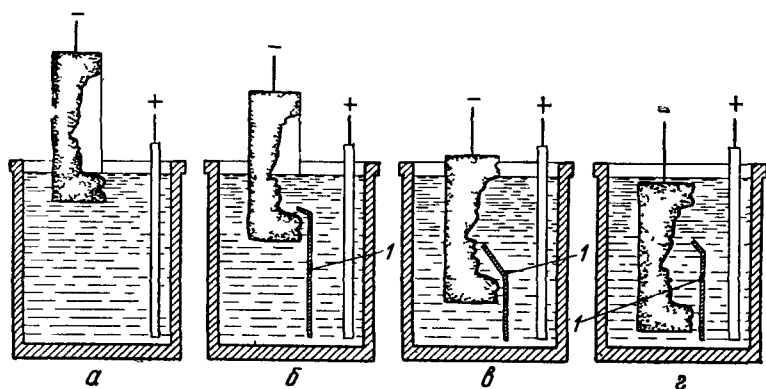
a—глубокое погружение электродов в электролит, б—электроды находятся у поверхности электролита, в—электроды у поверхности, внизу экран

тродами и под ними имеется значительный объем электролита. Для устранения указанного явления, обычно резко проявляющегося при работе в ваннах большого объема, принимают ряд мер. Так, например, формы загружают в электролит так, что от верхнего края их до зеркала ванны оставляют не более 1—2 см (рис. 23).

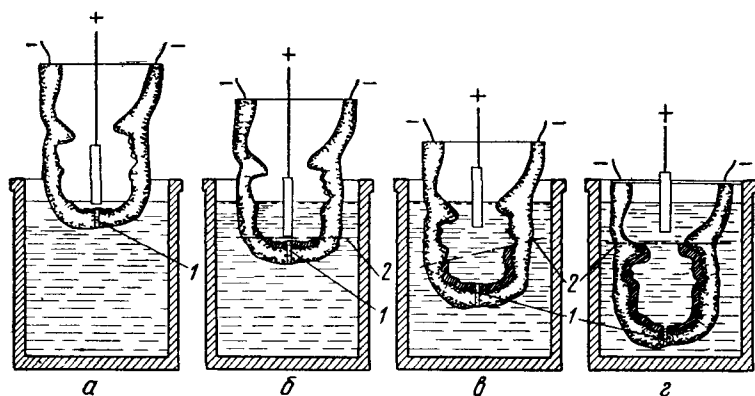
Для устранения влияния объема электролита, находящегося ниже формы, под нее подводят экран, чем достигается и с этой стороны большая равномерность в расположении силовых линий. Так же устанавливают боковые экраны, в результате чего получается как бы кассета, изолирующая электроды от излишней массы электролита. Роль таких кассет могут отчасти выполнять рамки, в которых заключают катод и анод (рис. 21). Для защиты торцевой части анода рамку можно заменить разрезанной вдоль хлорвиниловой трубки.

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

Общими контурными экранами ограничиваться нель-



Р и с 23 Способ наращивания при постепенном погружении с экранированием черновой формы
1 — экран



Р и с 24 Способ наращивания при постепенном погружении и экранировании монолитной формы
1 — отверстие для впуска электролита 2 — линия экранирования

зя Еще более важное значение имеют местные экраны. Скульптура, репродуцируемая гальванопластически, обычно резко отличается между собой в деталях рельефа, вследствие чего необходим индивидуальный подбор экранов для регулирования отложения металла. Сложность регулирования заключается также в необ-

ходимости одновременно решать вопрос о режиме электролиза, и прежде всего правильно выбрать среднюю плотность тока, от чего зависит плотность тока на отдельных участках.

Рассмотрим подробнее различные приемы экранирования.

На рисунке 24 представлен способ постепенного погружения формы с применением экрана: *а* — первая стадия наращивания металла на выступающие детали формы, близлежащие к аноду; *б* — применение экрана, защищающего уже наращенную нижнюю часть формы (на этой стадии рабочей является углубленная часть формы); *в* — установка экрана при погружении выступающих частей формы до зеркала электролита; *г* — окончательное погружение формы в электролит, при котором полностью покрывается верх формы.

По такому же принципу наращивается металл внутри монолитных форм. Способ наращивания путем последовательного погружения формы в электролит по мере отложения металла требуемой толщины представлен на рисунке 24: *а* — первый этап погружения формы; *б* — следующий этап погружения с экранированием отложенного металла при помощи изоляции; *в* и *г* — стадии дальнейшего погружения (показано перемещение границы закрытия отложенного металла изолирующим слоем).

Металл обычно закрывают в формах изолирующим слоем при помощи расплавленного парафина. Такая изоляция имеет существенное значение для регулирования толщины отлагаемого слоя.

Края формы и все ее детали, имеющие достаточную толщину, следует по мере наращивания металла тщательно закрывать изолирующим слоем, чтобы избежать образования отдельных дендритов в плохо закрытых изоляцией местах.

Другой способ регулирования отложения металла заключается в разделении монолитных форм на отдельные пояса, не связанные между собой проводящим слоем. На рисунке 25 изображена такая форма: ее пояса снабжены самостоятельными питающими проводниками, которые постепенно подключают к источнику тока таким образом, что после достаточного наращивания металла на данном поясе соответствующий проводник отключают и подключают соседний.

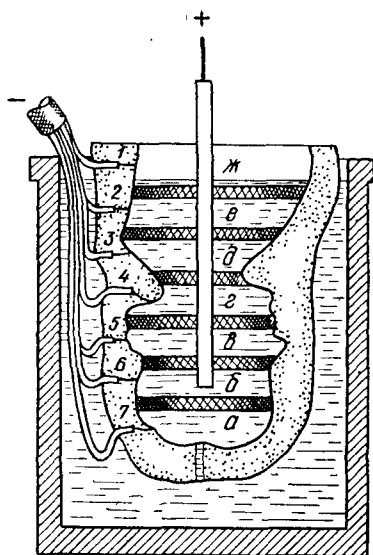


Рис. 25. Способ наращивания с секционированием по поясам:

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

тальными. Таким же образом можно изолировать и отдельные глубоко профилированные детали формы, снабжая их самостоятельными проводниками для питания.

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

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

После отложения металла на участках *а* и *б* форму из ванны вынимают и наносят проводящий слой на место, где была наклеена изоляционная лента, затем сращивают два пояса формы. После этого включают

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

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

следующий пояс и таким образом последовательно наращивают металл на всю форму.

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

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

Ток переключают так, чтобы в течение 2—40 с отлагался металл на катоде, а затем в течение 0,5—5 с растворялся отложенный металл. Таким образом, при реверсировании тока наращиваемая форма включается в качестве анода только на короткие промежутки времени и в течение продолжительного времени остается катодом.

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

Для реверсирования тока применяют реле времени для периодического переключения тока.

Правильное расположение анодов в процессе наращивания металла на глубоко профилированные формы является одним из активных средств для получения равномерного отложения металла в форме.

Обычно в дополнение к основному устанавливают специальные вспомогательные аноды. Их вводят в глу-

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

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

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

Оголенную часть провода, припаянную к аноду, покрывают изоляционным лаком или парафином, поверх которого наносят плотный слой озокерита толщиной по крайней мере 3—4 мм. Такая изоляция необходима для защиты анода в месте контакта от растворения в процессе электролиза.

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

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

На рисунке 26 показаны примеры расположения вспомогательных анодов, в открытых формах — для барельефов (а, б, в) и в закрытых формах — для объемной скульптуры (б, д, е, ж).

Число разнообразных случаев, которые могут представиться на практике, огромно. Для рационального подхода к вопросу об улучшении распределения силовых линий путем экранирования или введения дополнительных анодов нельзя ограничиваться выбором од-

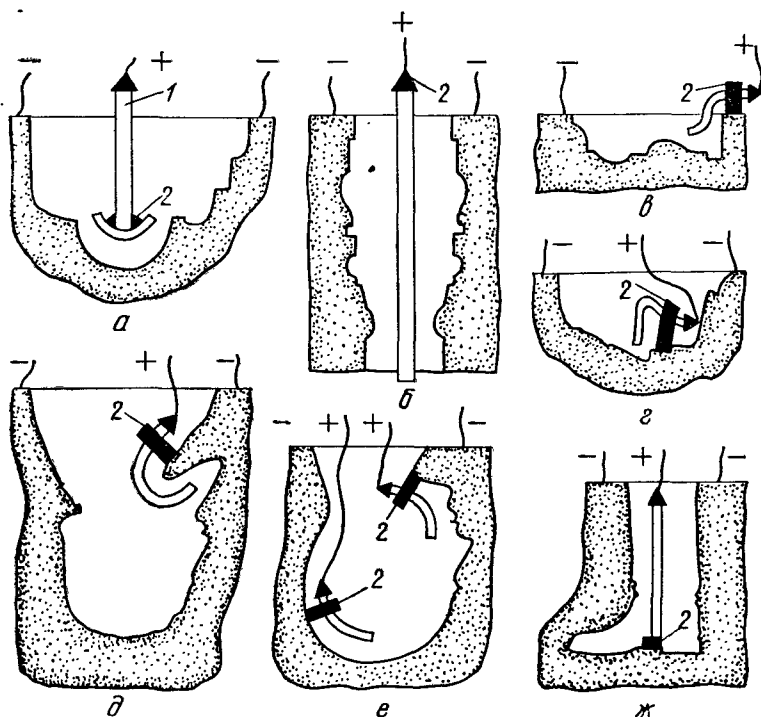


Рис. 26. Примеры специальных случаев расположения анодов:
1 — свинцовая трубка; 2 — озокерит.

ного из указанных типичных случаев. Необходимо иметь возможность измерять распределение силовых линий.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ИЗДЕЛИЙ ЗНАЧЕНИЕ ДЕКОРАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ

Декоративная отделка изделий производится тонированием — оксидированием, т. е. созданием химическим способом тончайших пленок на поверхности металла, которые изменяют его цвет.

Другой метод декоративной отделки осуществляется гальваническим способом путем нанесения пленок

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 подчеркнуто 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 киноплетки (предварительно смыв эмульсию в горячей воде) в ацетоне. Для этого сухую киноплентку режут на мелкие кусочки, которые засыпают в ацетон. Примерно на 100 г ацетона берут 250—300 мм обычной киноплетки.

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 налеты жира, машинного масла, особенно с изделий, полученных техникой гальванопластики, так как они всегда имеют следы воска, гипса, графита, остающиеся от гальванопластических форм. Для удаления грубых налетов жира и различных загрязнений изделия промывают в бензине или ацетоне, после чего их следует опустить в горячий раствор (80—90°C) гидроксида натрия или гидроксида калия, который предварительно растворяют в холодной воде, из расчета 10—15 г на 1 л. Обезжирив изделия в

горячей щелочи, их промывают в горячей воде, а затем в холодной проточной воде в посуде под водопроводным краном.

При наличии темных пятен на изделиях после обезжиривания их можно счистить мелким песком с водой (при этом не царапая поверхность металла) или протравить в 30-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 ОКСИДИРОВАНИЕ МЕДИ И СПЛАВОВ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ

Декоративное оксидирование гальванопластических изделий из меди, а также изделий из бронзы и латуни можно отделять многими окисляющими средствами. Результаты получаются различные, в зависимости от применяемых растворов, их концентрации, температуры и т. п. При оксидировании изделий из бронзы и латуни играет важную роль состав бронзы и латуни.

ОКСИДИРОВАНИЕ БРОНЗЫ И ЛАТУНИ

Исследования по оксидированию скульптуры и различных изделий из латуни и бронзы показали, что цвет и качество оксидных пленок в значительной мере зависит от состава сплава этих металлов.

Так, при почти одинаковых количествах в бронзах меди, олова и цинка (87 % меди, 8 % олова и 5 % цинка) при отсутствии свинца оксидные пленки образуются значительно труднее. На бронзах же с присадками свинца в пределах от 0,5 до 2,5 % образование оксидной пленки облегчается и повышается ее качество.

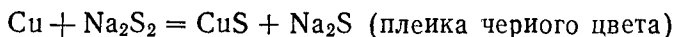
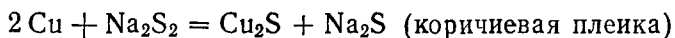
При проведении опытов по оксидированию были исследованы различные оксидированные составы. При

работе с сульфидом аммония было установлено, что бронзы, а также латуни, например марки Л-62, содержащие значительное количество цинка (12—22 %), оксидируются значительно труднее, чем бронзы, содержащие от 4 до 8 % цинка, и латунь, содержащая цинка не более 10 %.

Таким образом, наличие в сплаве свыше 10 % цинка затрудняет оксидирование сульфидом аммония.

Другой раствор — «серная печень» (приготавливается специально 2 ч. массы поташа с 1 ч. массы серы).

Этот старинный оксидирующий рецепт был усовершенствован следующим образом: после растворения кристаллов «серная печень» в горячей воде ее добавляют в сульфид аммония. В зависимости от количества добавляемого раствора «серной печени» к сульфиду аммония можно получить оксидирующую (сульфидирующую) пленку от светло- до темно-коричневого и почти черного цвета. При этом происходят реакции:



При этом оксидная пленка получается качественная — равномерного цвета и прочная.

Еще одним составом, применявшимся для оксидирования, был 10-процентный водный раствор тиокарбоната. При использовании тиокарбоната оксидные пленки получаются на всех видах бронз, за исключением бронз и латуней, содержащих значительные присадки цинка.

Наконец, для оксидирования испытывался раствор тимоантимоната натрия («соль Шлипе» — двойная соль пентасернистой сурьмы и сульфида аммония). Лучшим составом оказался раствор, состоящий из 2,5 г тимоантимоната натрия в литре 4-процентного раствора гидроксида натрия. При погружении бронзовых изделий в этот раствор образуется равномерно распределенная оксидная пленка коричневого цвета с легким красноватым оттенком.

Бронзы и латуни с повышенным содержанием цинка и в этом растворе оксидируются труднее.

Из всех изученных оксидирующих растворов универсальным оказался раствор из нитрата серебра и нитрата

меди. При этом было установлено, что наилучшие результаты получаются при использовании 1-процентного раствора нитрата серебра и 10-процентного нитрата меди, взятых в соотношении 1:1.

Раствор наносится кистью и тщательно растирается. В зависимости от требуемого цвета процесс оксидирования повторяется. При этом раствор дает хорошие результаты на бронзах и латунях с присадками цинка.

Резюмируя проведенные опыты, можно сделать следующие выводы:

а) при сульфидном оксидировании (с добавлением «серной печени») недопустимо наличие в составе сплава более 10 % цинка. В этом случае оксидирование затруднено, а иногда просто невозможно;

б) присутствие олова влияет на цвет оксидной пленки;

в) наличие свинца в количестве от 0,5 до 2,5 % облегчает образование оксидных пленок и улучшает их качество. Следовательно, образование и цвет оксидных пленок зависят от состава сплавов бронз и латуней.

Наиболее распространенным является раствор «серной печени», дающей темно-коричневые шоколадные цвета.

Как указывалось выше, для получения «серной печени» берут 1 ч. массы серы и 2 ч. массы карбоната калия или соды. Серу расплавляют в железной банке и добавляют к ней измельченный сухой карбонат калия. 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 более светлее или темнее. Изделия по нанесении раствора должны быстро промываться в воде. Для получения цвета старой бронзы изделия обрабатывают раствором из следующих веществ (в г/л):

Хлорид кальция . . .	34
Нитрат меди . . .	120
Сульфат меди . . .	60
Хлорид аммония . . .	20

Все эти соли растворяют в горячей воде и горячим раствором несколько раз смачивают поверхность изделия. Наносить раствор следует после высыхания раствора, нанесенного ранее (г/л).

Рецепт № 1

(коричневые тона)

1. Сульфат меди	.	.	.	.	.	500
Хлорид цинка	.	.	.	.	.	500

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

2. Гипохлорид калия (или натрия)	.	.	.	.	6
Сульфат меди	.	.	.	.	28

Раствор подогревают и смачивают им изделия

3. Сульфат меди	.	.	.	.	.	25
Сульфат никеля	.	.	.	.	.	25
Гипохлорид калия	.	.	.	.	.	12
Перманганат калия	.	.	.	.	.	7

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

Раствор дает тона от светло-коричневого до темно-коричневого.

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

Рецепт № 2

(светло-коричневый цвет)

Хлорид натрия	.	.	.	.	100
Нитрат аммония	.	.	.	.	100
Нитрат меди	.	.	.	.	10

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

Рецепт № 3

(коричнево-медная окраска)

1. Ацетат меди	.	.	.	.	.	30
Хлорид железа	.	.	.	.	.	30
Хлорид аммония	.	.	.	.	.	10

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

2. Нитрат калия	10
Хлорид натрия	10
Хлорид аммония	10
Уксусная кислота (5-процентная)	1

Изделие натирают горячим раствором.

3. Сульфат меди	300
Перхлорат калия KClO_4	160

Температура раствора 80°C . После нанесения раствора изделие протирают мягкой латунной или очень жесткой волосистой щеткой, снова наносят на него раствор, затем промывают поверхность изделия водой.

Рецепт № 4

(бронзовый цвет)

1. Сульфат никеля	20
Соль хлорноватистой кислоты	40
Сульфат меди	180
Перманганат калия	2
2. Хлорид аммония	120
Оксалат калия	40
Уксусная кислота (5-процентная)	1

Рецепт № 5

(окраска от коричневой до черной)

«Серная печень»	10—20
Сульфид калия или сульфид натрия	6
Хлорид аммония	20

Рецепт № 6

(окраска от светло-коричневой до темно-коричневой)

Ацетат аммония	50
Ацетат меди	30
Хлорид аммония	0,5

Изделия погружают на 5—10 мин в кипящий раствор. Без добавления в раствор хлорида аммония процесса окрашивания не происходит. При большом содержании хлорида аммония изделия чернеют от света. Если добавить к раствору 4 г сульфата меди, то изделие приобретает темный шоколадный тон; при меньшем количестве сульфата меди — более светлые тона.

ПАТИНИРОВАНИЕ СКУЛЬПТУРЫ

Закон от 31 октября 1976 г. «Об охране и использовании памятников истории и культуры» предусматривает охрану памятников истории, искусства, архитектуры. Немаловажную помощь в их охране и уходе могут оказать и школьники.

По вопросу ухода и поддержанию внешнего вида памятников и различных произведений скульптуры из бронзы и меди за последние годы были сделаны углубленные исследования патины. Патины, придающие красивый вид скульптурам, представляют собой коричневые или зеленоватые пленки, образовавшиеся искусственно или под действием атмосферных условий, и по существу являются продуктами «благородной» коррозии меди. Патины образуются при длительном пребывании предметов на воздухе и представляют тонкий и твердый слой минералов различного состава, например: куприт — оксид меди (I) Cu_2O ; тенорит — оксид меди (II) CuO ; малахит — основной карбонат меди $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$; халькозин — сульфид меди Cu_2S и другие минералы, образующиеся в виде соединений меди.

Исследованиям подверглись многочисленные памятники Советского Союза. Как выяснилось, наиболее прочными оказались патины коричневого цвета, у которых внутренний слой представляет оксид меди (I) (Cu_2O). Патины черного цвета также относятся к наиболее механически прочным и по прочности близки к коричневым, как и наиболее красивые, зеленые патины. Кроме того, зеленая патина хорошо защищает медную и бронзовую скульптуру от коррозии в любых атмосферных условиях в течение многих десятилетий без какой-либо дополнительной защиты. Образование естественной зеленой патины является процессом естественным, поэтому ее образование на поверхности черной или коричневой пленок следует рассматривать не как разрушение, а как ценный декоративный процесс.

За бронзовыми памятниками и различными бронзовыми декоративными украшениями следует ухаживать, это будет способствовать естественному образованию зеленой патины на их поверхности. Уход должен заключаться в промывке бронзы несколько раз в год го-

рячей водой с протиркой скульптуры волосяными щетками, а лучше всего моющими средствами — «Новость», «Кристалл» и т. п. с последующим очень тщательным ополаскиванием большим количеством воды и тщательной протиркой поверхности тканью, не оставляющей ворса.

Поверхности новых или реставрированных памятников должны оставаться чистыми (без отделки оксидными пленками), с тем чтобы на них постепенно образовывалась естественная патина зеленого цвета. При патинировании каких-либо гальвано-пластических изделий или бронзовых личного пользования рекомендуются специальные составы.

Рецепт № 1

1. Светло-коричневую пленку на бронзе и меди можно получить погружением предмета на 2—3 мин в раствор, состоящий из следующих веществ (г/л):

Сульфат меди 60
Перманганат калия 7,4

Температура раствора 90—95°C. Раствор можно наносить кистью.

2. По другому рецепту можно окрасить бронзу в темно-коричневый цвет. Для этого растворяют 195 г карбоната меди в 1 л концентрированного гидроксида аммония и после этого раствор разбавляют в десять раз. Температура раствора 80—90°C. Изделие погружают в раствор.

3. Темно-коричневая пленка на меди, бронзе и латуни образуется при погружении изделия в раствор, состоящий из селенистой кислоты 7,4 г/л, к которой добавляют гидроксид натрия до pH 3,0.

4. Зеленые пленки могут быть получены распылением из краскопульта или аэрографа раствора, состоящего из 104 г/л сульфата аммония, 3,7 г/л сульфата меди и 1,5 г/л концентрированного гидроксида аммония. Распыление повторяют пять раз с интервалами 10—15 мин для сушки. Недопустимо попадание воды на поверхность изделия ранее 3—4 ч.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ДЕКОРАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ ИЗДЕЛИЙ

Выше мы привели различные рецепты химической декоративной отделки медных и бронзовых 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 пленкой 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 путем электрохимического оксидирования и окрашивания полученной оксидной пленки 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 (г/л):

Хлорида серебра	40
Гексацианоферрата калия	200
Карбоната калия	20

Температура электролита 20—80°C. Плотность тока 1,0—1,5 А/дм². Анод из серебра.

Приготовление хлорида серебра

Для получения из нитрата серебра хлорида серебра к раствору нитрата серебра приливают раствор хлорида натрия (в темном помещении). После образования творожистого осадка жидкость сливают, а хлорид се-

ребра несколько раз промывают водой, затем переносят в раствор гексоцианоферрата калия.

При отсутствии нитрата серебра его готовят из чистого высокопробного серебра. Для приготовления нитрата серебра берут 10 г металлического серебра и измельчают его. Измельченное серебро помещают в фарфоровую чашку, содержащую 50 см³ азотной кислоты ($\rho = 1,25$). Чашку нагревают на песочной бане, размешивая жидкость стеклянной палочкой.

Серебро растворяется, и при реакции выделяются бурные ядовитые газы — оксида азота (IV), поэтому процесс растворения серебра следует проводить в интенсивном **вытяжном шкафу** (в условиях химического кабинета). Нагревание ведут до полного растворения металлического серебра и прекращения выделения газов. Раствор охлаждают, затем, перемешивая, добавляют 3—4 ч. дистиллированной воды. Если для приготовления нитрата серебра применяется легированное серебро с присадкой меди, то раствор нитрата меди удаляют промыванием хлорида серебра, который готовят из нитрата.

ХИМИЧЕСКОЕ СЕРЕБРЕНИЕ

Для химического серебрения раствор готовится следующим образом: 20 г нитрата серебра растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды, затем переводят его в хлорид серебра с добавлением 20 г раствора хлорида натрия в небольшом объеме дистиллированной воды; при этом вливание раствора поваренной соли в раствор нитрата серебра производят в темной комнате. Выпавший осадок хлорида серебра в виде белых хлопьев несколько раз промывают водой, затем переносят его в предварительно приготовленный 5-процентный раствор тиосульфата натрия. Для серебрения медных и латунных изделий их смачивают указанным раствором с добавкой мела или зубного порошка. Щеткой натирают изделия этой кашицей. По окончании серебрения изделие промывают сначала струей холодной воды, затем горячей или теплой водой и, наконец, промывают в 2—3-процентном растворе уксусной кислоты.

ОКРАШИВАНИЕ МЕДНЫХ ИЛИ ОМЕДНЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЯРКИЕ ЦВЕТА

Интересные декоративные эффекты на изделиях можно получить электрохимическим способом, нанося тончайшие пленки оксида 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 пленки в зависимости от толщины слоя имеют различные цвета: цвета побежалости на металлах, цвета мыльных пузырей, цвета тончайшего слоя бензина на поверхности воды и т. п. Толщина указанных цветных пленок составляет сотые и десятые доли микрона.

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

Химическое окрашивание. Ванна для декоративной отделки меди и омедненных изделий в яркие цвета содержит (г/л):

Тиосульфат натрия	125
Ацетат свинца	40

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 сульфид свинца. Этот раствор в кипящем состоянии дает в первые несколько секунд золотистое окрашива-

ние, затем (через 0,5 мин) окраска изменяется и переходит в синий цвет. Для получения синего цвета следует поддерживать температуру раствора до 60°C, а для получения золотистого цвета — 35—40°C. Цвета появляются последовательно.

Окраска меди

Оранжевая
Желто-красная
Светло-красная
Коричнево-красная
Зеленовато-фиолетовая

Окраска латуни

Золотисто-желтая
Лимонно-желтая
Оранжевая
Желто-красная
Оливково-зеленая

Окрашивание изделий из латуни может производиться в растворе гидроксида натрия, натриево-калиевой соли винной кислоты, сульфата 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 гидроксида натрия смешивают с раствором сегнетовой соли и, наконец, в раствор вводят сульфат меди. Температура раствора должна быть не ниже 18—20°C.

Электрохимическое окрашивание поверхностей художественных изделий в различные цвета производят путем нанесения тончайшей пленки оксида меди (I) 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 (табл. 7).

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

Различные оттенки пленки могут быть получены не только вследствие структурной неравномерности металла, но и в связи с посторонними включениями в основной металл.

Различные способы механической обработки поверхности металла также влияют на оттенки пленки.

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

Первый цикл

Цвет	Время, в с
Оранжевый	20
Красный	40
Пурпурный	60
Синий	80
Светло-зеленый	100

Второй цикл

Цвет	Время, в с
Желтый	140
Золотисто-желтый	170
Розово-красный	200
Пурпурный, синий	230
Темно-зеленый	260

С каждым последующим циклом на интерферирующий цвет все большее влияние оказывает собственный цвет оксида меди (II).

После девяти циклов глаз перестает улавливать изменение интерферирующих цветов. Оксидные пленки начинают приобретать темно-красный цвет (в то время переливающийся всеми цветами), который уже больше не подвергается циклическим изменениям.

В промежуточные отрезки времени (30 с, 70 с, 190 с и т. д.) можно получить цвета самых разнообразных оттенков, образующихся в результате смещения цветов.

Для получения тонких цветных окисных пленок наиболее удобными являются растворы, дающие образование оксида меди (II) с умеренной скоростью.

Для того, чтобы получить такой раствор, следует проследить скорость смены цветов на катоде. Если скорость образования оксида меди (II) на катоде слишком велика для того, чтобы можно было остановить процесс сразу по получении нужного цвета, рост пленки можно задержать, например, снижением щелочности раствора, понижением температуры, разбавлением раствора или комбинацией этих приемов.

- Для цветного электрохимического окрашивания существуют разнообразные электролиты, состоящие в большинстве случаев из органических соединений¹ (г/л):

1. Сульфат меди 100	лота 56
Оксипропионовая кислота 150	6. Сульфат меди 50
Гидроксид натрия . . . 112	Тростниковый сахар . . 100
2. Сульфат меди 100	Гидроксид иатрия . . . 50
Лимонная кислота . . . 355	7. Сульфат меди 10
Гидроксид иатрия . . . 246	Глицерин 125
3. Сульфат меди 100	Гидроксид иатрия . . . 50
Гликолевая кислота . . . 128	8. Сульфат меди 100
Гидроксид иатрия . . . 112	Пирофосфорная кислота 275
4. Сульфат меди 100	9. Сульфат меди 15
Гидротартрат калия . . 125	Гидроксид иатрия . . . 400
Гидроксид иатрия . . . 35	10. Сульфат меди 15
5. Сульфат меди 24	Тетраборат иатрия . . 150
Салициловая кис-	

Для вышеприведенных растворов принимаются режимы, приведенные в таблице 7.

Т а б л и ц а 7

Режим окрашивания

Номер раствора	Температура растворов (°C)	Плотность тока (А/дм ²)
1	55	0,052
2	56	0,036
3	48	0,024
4	54	0,128
5	56	0,024
6	54	0,008
7	57	0,024
8	48	0,012
9	55	0,016
10	44	0,004

Электрохимическое окрашивание можно производить также в электролите следующего состава (г/л):

Сульфат меди 60
Сахар-рафинад 90
Гидроксид иатрия . . . 40

¹ При составлении растворов следует органические соединения и сульфат меди вливать в раствор гидроксида иатрия.

Раствор, содержащий сульфат меди и сахар, следует вливать в раствор щелочи. Плотность раствора при 16°C 1,10. Аноды—медные. Режим работы следующий: температура 25—40°C, катодная плотность тока 0,01 А/дм². Изделия после погружения в ванну выдерживаются без тока в течение 1 мин.

По мере уменьшения объема электролита в раствор добавляется дистиллированная вода. Свежеприготовленный электролит может работать длительное время без корректирования, пока концентрация электролита не снизится до 67%, что можно определить измерением его плотности.

Для получения более блестящих поверхностей в электролит добавляют 20 г карбоната натрия. Однако электролит без карбоната натрия более стоек. Снятие цветного оксидного слоя производится в 5-процентном растворе аммиака. Для лучшего предохранения окрашенного слоя от коррозии и механических повреждений изделия рекомендуется покрывать прозрачным лаком (нитролаком, глифталевым, перхлорвиниловым и др.).

Существуют и другие составы электролитов. Например, следующий состав (г/л):

Сульфат меди	110—115
Лимонная кислота	100—105
Гидроксид натрия	120—125

Температура комнатная; катодная плотность тока от 0,08 А/дм² и выше.

По другому способу изделия из стали или имеющие медный подслои окрашиваются в щелочной медной ванне такого состава (г/л):

Сульфат меди	10—30
Гидроксид натрия	50—70
Глицерин	20—65
Хлорат натрия	1—4

Температура комнатная; катодная плотность тока 0,005—0,15 А/дм².

Существуют и другие составы электролитов для цветного окрашивания, например (г/л):

1. Молибдат аммония	10	Аммиак (25-процент-	
Тиосульфат натрия	10	ный раствор)	7
2. Молибдат аммония	10	3. Тиосульфат натрия	240

Ацетат свинца	25	Соль хлорноватистой	
Сульфат калия	30	кислоты	12
4. Сульфат меди	25		
Сульфат никеля	25	Перманганат калия	7

Для получения зеленой окраски со слабым оливковым оттенком предлагается электролит следующего состава (г/л):

Сульфат меди	60
Сульфат цинка	45
Молибдат аммония	30

Температура электролита комнатная; напряжение не менее 1,5 В; катодная плотность тока 0,4—0,4 А/дм².

ХИМИЧЕСКОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ

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

Химическое никелирование дает возможность наносить 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 цитрата натрия 70 г, хлорида аммония 50 г, хлорида или сульфида 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 (рН 10). Температура раствора

82—87°C. 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 мкм/ч. Можно взять раствор, содержащий в 30 г сульфата никеля 10 г гипофосфата натрия при (рН 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 зависят от тщательности предварительной подготовки поверхности изделий.

Перед никелированием изделия из алюминия и его сплавов вначале промывают в чистом бензине, подвергают 3—5-минутному травлению в 1—2-процентном растворе гидроксида натрия при 60—70°C, затем осветляют в азотной кислоте (300—400 г кислоты на 1 л воды) в течение 2—3 мин при комнатной температуре, а затем промывают в воде. После промывки изделия немедленно погружают 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 хлороводородной 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 (г/л):

Сульфат олова	54
Серная кислота ($\rho=1,84$) . . .	50—80
Сульфат натрия	50
Фенол или крезол	2—10
Столярный клей	2—3

Температура раствора 15—20°C. Плотность тока 2 А/дм². Анод оловянный. После нанесения пленки 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°C, время выдержки изделий в печи 15—20 мин. Медленное остывание изделий после нагрева дает более крупные размеры кристаллов, быстрое — более мелкие.

Резкое охлаждение отдельных частей поверхности изделия, например дутье через трубку на поверхность расплавленной пленки олова, дает красивые искусственные центры кристаллов, напоминающие причудливые цветы, звезды и т. п. орнаменты.

После термической обработки оловянной пленки 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 (г/л):

Оксид хрома (VI)	300—400
Ацетат бария	5—10
Ацетат цинка	2—5
Ацетат кальция	4—8

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 отделять изделия небольших размеров — в 2—3 см².

Продолжительность обработки 10—20 мин. После хромирования поверхность изделия имеет темно-синий цвет с рисунком в виде волнообразно расположенных серо-голубых полос, напоминающих текстуру агата, при этом общий фон покрытия подернут легкой 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 от часов и т. п. Наиболее распространенным 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 завешивают в электрическую ванну не на катод, как обычно, а на анод. На катод завешивают свинцовую пластинку. Наиболее хорошо обрабатываются этим способом изделия из чистого алюминия, но можно качественно обработать и сплавы алюминия, которые после обработки лучше окрашиваются в темные цвета — черный, 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):

Гидроксид натрия	10—15
Тринарийфосфат	20—30
Карбонат натрия	20—25

Температура состава 80—90°C. Изделия выдерживают в ванне 1—2 мин. Ванна для этого процесса может быть изготовлена из железа.

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

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

Осветление. Обезжиренные и промытые изделия обычно имеют матово-серый цвет, для удаления этого налета изделия осветляют, выдерживая в 50-процентном растворе технической азотной кислоты ($\rho = 1,32$) в стеклянном или керамическом сосуде в течение 1—2 мин при температуре 18—20°C.

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 отшлифовывать 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 (в г):

Ортофосфорная кислота ($\rho=1,71$)		300 г
Серная кислота ($\rho=1,84$)		600 г
Азотная кислота ($\rho=1,50$)		70—100 г

Температура смеси 115—120°C. Ванны для химической полировки изготавливают 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 завешивают 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. Плотность свежеприготовленного электролита при температуре 20°C — 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°C. Расстояние между изделием и завешенной на катод свинцовой пластинкой 150—200 мм. Корректируют электролит добавлением соответствующего количества серной кислоты до получения указанной выше плотности 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 струей. Для поддержания температуры электролита не выше 25°C 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 пленкой. Оксидная пленка, полученная анодированием, отличается микропористостью, в которую в процессе окрашивания проникает краситель и задерживается в ней. Оксидная пленка 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 желтый, коричневый, а также в светло-зеленый и светло-синий цвета вполне достаточна концентрация красителя 0,5—1%. Для окраски в черный цвет применяется более концентрированный раствор 2—3-процентный.

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 ее следует снять.

Для приготовления красящего раствора можно применять мягкую или умягченную воду, так как содержащиеся в жесткой воде кальциевые и магниевые соли могут образовать с некоторыми красителями нерастворимые в воде соединения. При добавлении в раствор воды с большей жесткостью 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°C. В зависимости от выдержки изделий в красителе можно получить более светлые или темные тона.

Уплотнение окрашенной оксидной пленки. Для уплотнения оксидной пленки и удержания в ней красителя изделия кладут в горячую воду (80—90°C) и выдерживают в ней 25—30 мин. В процессе уплотнения поры пленки 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 защитно-декоративной отделки алюминия. Этот способ известен под названием «эматалирование». Сущность его заключается в электрохимическом получении непрозрачных оксидных пленок на алюминии и его сплавах в растворе, состоящем из щавелевой, борной и лимонной кислот и оксалата титан-калия.

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

Повышенная твердость и износостойкость приближают эматаль-пленки 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 пленок с улучшенными свойствами, имеет и другие положительные стороны.

Так, предъявляются пониженные требования к чистоте обрабатываемого алюминия, к качеству полировки поверхности. Вместе с тем не надо забывать, что не обязательно применять электрополирование (как, например, при широко распространенном процессе отделки алюминия под цвет золота).

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

Эматаль-пленки из вышеуказанных электролитов можно получить различной толщины в пределах 8 ... 13 мм в зависимости от времени выдержки в ванне и других факторов. Пленки указанной толщины получаются обычно в течение 25—30 мин. Важным фактором для получения хороших непрозрачных пленок является правиль-

ный выбор алюминиевых сплавов. Литейные сплавы, которые могут дать качественную эмаль-пленку, должны быть следующего состава (%):

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

Из листового алюминия эматалированию подвергаются алюминий марок АД1, АМц, АМгЗ, АВ, АВП и некоторые марки медистого алюминия, если содержание меди в нем 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 пленки, полученные эматалированием на разных деформируемых сплавах, могут иметь различные оттенки от светло-серого до темно-серого.

Для придания эматалированным изделиям необходимой декоративности рекомендуется их слегка полировать. С этой целью может быть использована паста на основе оксида алюминия и венской извести следующего состава (в процентах по массе):

Оксид алюминия		36
Венская известь ¹		36
Стеарин		28

Пасты на основе оксида хрома не рекомендуются, так как на эматалированной поверхности, даже при тщательном обезжиривании, остаются зеленые пятна.

Для эматалирования рекомендуется хромовоборный электролит. Процесс эматалирования 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. Эматалирование.
11. Промывка в холодной проточной воде.
12. Обработка в растворе азотной кислоты.

¹ Венская известь — мягкий белый порошок оксида кальция и оксида магния, отличающийся полирующими свойствами.

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. Глянцовка на чистом бязевом круге. 21. Контроль.

ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ПРОЦЕССА ЭМАТАЛИРОВАНИЯ В ХРОМОВОБОРНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ

Обезжиривание деталей проводят в растворе следующего состава (в г/л):

Тринарийфосфат	50
Гидроксид натрия	10
Силикат натрия	5

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

Обезжиренные и промытые детали освещаются погружением в 30-процентный раствор азотной кислоты при 18—20°C, затем промываются и эматализуются.

Для эматализации применяется электролит следующего состава (в г/л):

Оксид хрома (VI)	30
Ортоборная кислота	2

Электролит готовится на водопроводной воде.

Процесс ведется следующим образом.

Изделия завешиваются на анодную штангу. Затем включается ток. В течение 5 мин напряжение плавно повышают от 0 до 4 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 эматализации остается постоянной. Общая продолжительность процесса 60 мин. Температура электролита не должна превышать 50°C, перегрев ведет к ухудшению качества пленки.

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 ведется добавлением оксида хрома (VI) из расчета 10 г на 1 м² обработанной поверхности.

После эмалирования 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 воде, после чего изделия опять могут быть окрашены в нужный цвет.

Удаление эмаль-пленки с подвесок и бракованных изделий проводится в 30-процентном растворе гидроксида натрия при температуре раствора 60—70 °С.

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

Таблица 8

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

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. 20).

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 рекристаллизации алюминия, могут быть получены от 5... 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 °С в течение 20—30 мин. Указанная термическая обработка вызывает рекристаллизацию растянутого алюминия.

Но для выявления текстуры кристаллов, которые по форме похожи на зерна гранита, алюминий требуется обработать в травильном растворе. Травление рекристаллизованного алюминия производят в смеси кислот, которая состоит из $\frac{1}{3}$ хлороводородной кислоты, $\frac{1}{3}$ азотной кислоты и $\frac{1}{3}$ воды. 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 фотографирования.

Для этого способа можно применять различные металлы, но наиболее простым в обработке является алюминий и его сплавы. Сущность фотографирования состоит в том, что металлическую пластину или изделие покрывают светочувствительной эмульсией и высушивают в темноте; затем накладывают фотонегатив — обычно пленочный — и экспонируют, применяя достаточно мощный источник тока.

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

Негатив получают контактным печатанием на репродукционной штриховой фотопленке ФТ-30 с оригинала, вычерченного или нарисованного черной тушью на кальке. При фотографировании можно также использовать непосредственно оригинал, выполненный на кальке, однако стойкость такого оригинала и качество фототравления при этом ниже, чем при использовании пленочного негатива.

При создании изображения на пластинах из алюминия или его сплавов пластины заготавливают по размерам фотографируемого 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 легкому протравливанию в растворе, содержащем вещества (в г/л):

Триатрийфосфат	50
Карбонат натрия	30
Силикат натрия	5

Температура раствора 50—60°C, продолжительность обработки 5—6 с. Подготовленную пластину затем уста-

навливают 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 фотографирования применяется эмульсия следующего состава:

Клей мездровый	150 г
Аммиак 25-процентный	50 г
Дихромат аммония	30 г
Оксид хрома (VI)	5 г
Дихромат калия	3 г
Спирт этиловый	35 мл
Вода	1 л

Плиточный мездровый клей предварительно замачивают водой. Варят эмульсию на водяной бане при легком помешивании во избежание захватывания воздуха. Эмульсии дают отстояться, затем фильтруют ее через вату, обернутую марлей, и хранят в темном прохладном месте. После центрифугирования и сушки эмульсионного слоя пластины накладывают на негатив светочувствительной пленки вниз и в таком виде, следя, чтобы не было взаимного смещения пластин, укладывают их на контактное стекло рамки стола-рефлектора. Пластину с негативом плотно прижимают к стеклу. Затем включают источник света (четыре лампы, по 1000 вт каждая, расположенные в нижней части стола-рефлектора, под контактным стеклом). 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 хро-

мовакалиевых квасцов и 100 г дихромата аммония. После дублирования, промывки и сушки пластины подвергают равномерному обжигу при температуре 300—350 °С до перехода эмульсионной пленки в коричневый цвет. При этом эмульсионная пленка окончательно закрепляется, приобретая необходимую химическую стойкость.

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

Сульфат меди . . .	200 г/л
Хлорат натрия . . .	125 г/л
Хлороводородная кислота	10 мл

Температура раствора 20—25 °С. Для травления применяют фарфоровые ванны или ванны из пластмассы. Для защиты обратной стороны пластины от травления ее покрывают цапом — лаком. Промытую и просушенную пластину покрывают бесцветным лаком.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАТРИЦ С ЦЕРОФАНОВЫХ (ВОСКОВЫХ) МОДЕЛЕЙ

Для изготовления художественных изображений на керамике, фарфоре или на органическом стекле применяется метод церофании, заключающийся в изготовлении прозрачных восковых изображений, отличающихся особо низким рельефом; при этом лепят, рассматривая изображение на просвет. Для лепки церопластических моделей применяют: специальную твердую просвечивающую восковую композицию, например следующего состава (в %):

Канифоль	8
Скипидар	6
Стеарин	30
Воск пчелиный	51
Тальк	5

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

Такой способ также дает возможность получить

обычным приемом гальванопластики медную негативную форму.

Полученную форму можно использовать различными приемами: в ней можно отформовать органическое стекло, с нее можно получить гипсовую форму для керамики, и, наконец, она может служить непосредственно художественным изделием после нанесения на нее прозрачной эмали.

При использовании формы для изготовления репродукции из органического стекла медную форму наращивают до толщины 2—3 мм в наиболее толстых местах, затем с нее отформовывают под прессом из разогретого листового молочного органического стекла позитивное изображение, которое на просвет будет давать такой же художественный эффект, как и оригинал, изготовленный на воске: более тонкие места пластической массы будут пропускать больше света, а более толстые — меньше, чем и выявится изображение. Такой же живописный эффект получается и на отпрессованном фарфоре.

При использовании формы для изготовления изображений на керамике с нее, как с модели, снимают гипсовую форму, служащую для фарфорового литья. Отлитую или отформованную керамическую массу после сушки и обжига по всей плоскости рельефа заливают потечной глазурью и обжигают. Залитая, обожженная глазурь также тонально воспроизводит церопластическое изображение за счет различной толщины глазури на поверхности рельефа. Форму можно использовать и непосредственно как модель для покрытия прозрачной цветной эмалью, дающей аналогичный живописный эффект, как и на керамике. Перед нанесением эмали матрица должна быть предварительно прокалена при 750—800 °C для удаления поглощенного металлом при наращивании водорода, наличие которого может вызвать вспучивание, пузырение эмали.