



БИБЛИОТЕЧКА
ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

О. В. Кудрявцева

ТЕХНИЧЕСКАЯ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА

GW
Мир гальваники

ПОЛИТЕХНИКА

Электронный аналог печатного издания: Кудрявцева О. В. Техническая гальванопластика / под ред. Г. К. Буркат. — СПб.: Политехника, 2010. — 148 с.: ил. (Б-чка гальванопластика. 6-е изд.: Вып. 2)

УДК 621.357.6
ББК 34.663
К88



Рецензенты: *Б. Г. Карбасов*, генеральный директор ООО «КААС», кандидат технических наук; *Г. К. Буркат*, доцент кафедры ТЭП СПбГТУ, кандидат химических наук

Кудрявцева О. В.

К88 Техническая гальванопластика / О. В. Кудрявцева; под ред. Г. К. Буркат. — СПб.: Политехника, 2011. — 148 с.: ил. — (Б-чка гальванопластика. 6-е изд.: Вып. 2)
ISBN 978-5-7325-0930-4

В книге подробно описаны технологические процессы изготовления формообразующих элементов пресс-форм, полых тонкостенных изделий сложной конфигурации и плоских изделий. Большое внимание уделено вопросам изготовления моделей и материалам, из которых они сделаны. Рассмотрены вопросы металлизации диэлектрических материалов. Приведены составы электролитов, способы их приготовления и корректировки. Книга предназначена для инженерно-технических работников и мастеров гальванических цехов заводов, а также для специалистов проектных организаций; может быть использована студентами вузов.

УДК 621.357.6
ББК 34.663

ISBN 978-5-7325-0930-4

© Издательство
«Политехника», 2011

Г л а в а 1

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСС-ФОРМ

1.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСС-ФОРМ

Метод гальванопластики при изготовлении формообразующих элементов пресс-форм целесообразно применять для получения деталей сложной конфигурации из термопластов. Технологический процесс изготовления формообразующих элементов пресс-форм методом гальванопластики включает в себя следующие этапы:

- проектирование и изготовление модели;
- нанесение токопроводящего слоя в случае использования моделей из диэлектрических материалов;
- электролитическое осаждение рабочего слоя;
- нанесение конструкционного слоя;
- механическую обработку формообразующего элемента;
- извлечение модели.

Проектирование и изготовление модели является одним из важных этапов в технологии гальванопластики. Он определяет последующую технологию изготовления готового изделия и его качество.

Моделью в гальванопластике называют изделие, на которое непосредственно осаждают металл, чтобы получить обращенную копию поверхности. Модель определяет конфигурацию, размеры, точность и шероховатость поверхности изготавливаемого изделия.

Выбор материала модели определяется требуемой точностью готового изделия, трудоемкостью изготовления модели и необходимостью ее многократного использования. Необходимо также учитывать тепло-

физические свойства материала — коэффициент объемного и линейного расширения при температуре работы электролита и физико-химические свойства — коррозионную стойкость и степень травления.

Материалом модели могут служить коррозионно-стойкие стали следующих марок: 40X13 твердостью 42 HRC, 95X18, 12X18H9T, 12X18H10T, а также инструментальные стали марок У8, УЮА, ХВГ с покрытием Ндэ18Х (двухслойное покрытие никелем толщиной 18 мкм с последующим наложением 0,25 мкм хрома с заполнением). Металлические модели — это модели многократного использования и применяются в тех случаях, когда необходимо получить формообразующие элементы 7-го–8-го качества точности с низкой степенью шероховатости. Материалом модели могут служить также эпоксидные и полиэфирные смолы, каучуки, восковые композиции, гипс, дерево, любые виды пластмасс.

Размеры металлических моделей рассчитываются так же, как металлические формообразующие элементы, с учетом усадки материала пластмассового изделия и его точности:

$$B_{\text{мод}} = (B_{\text{пл. изд}} + Q_{\text{пл}} - 0,8\Delta) - d,$$

где $B_{\text{пл. изд}}$ — номинальный размер пластмассового изделия, мм; $Q_{\text{пл}}$ — уменьшение размера изделия за счет усадки пластмассового изделия при литье под давлением,

$$Q_{\text{пл}} = \frac{E_{\text{пл}} B_{\text{пл. изд}}}{100};$$

$E_{\text{пл}}$ — усадка материала изделия, %; Δ — допуск по чертежу на размер пластмассового изделия, мм; d — допуск на соответствующий номинальный размер модели по 9-му–10-му качеству.

Шероховатость поверхности формообразующей части модели определяется требованиями, предъявляемыми к изделию, и должна составлять: $R_a = 0,1$ мкм. Высота неровностей опорной поверхно-

сти модели, технологической базы должна быть не выше $R_a = 0,8$ мкм.

По высоте модели (рис. 1.1) необходимо оставить технологический припуск $h = 0,5 \div 3,0$ мм для последующей шлифовки формообразующего элемента до требуемых размеров после извлечения из него модели.

На формообразующей поверхности модели в направлении разъема должен быть предусмотрен технологический уклон в пределах допуска на изделие. Кромка, образованная формообразующей и опорной поверхностями, не должна иметь радиусов, фасок, забоин, царапин. Модель в зависимости от габаритных размеров должна иметь технологические базы (хвостовики или базовые отверстия) для промежуточной и окончательной обработки формообразующего элемента, а также крепежные отверстия для крепления токоподводов и возможности извлечения модели из формообразующего элемента. В случае изготовления модели из нескольких элементов зазор между составными частями не должен превышать $0,01$ мм.

В модели не должно быть отверстий и пазов с соотношением глубины h к ширине a более $1,5$ (рис 1.2). Не допускаются также острые углы и кромки (предусматриваются радиусы не менее $0,2$ мм).

При завешивании модели в ванну для наращивания гальванопластического осадка технологическую базу от наращивания следует предохранять. В модели могут быть изготовлены разводящие литники, если между моделью и литниками нет других впа-

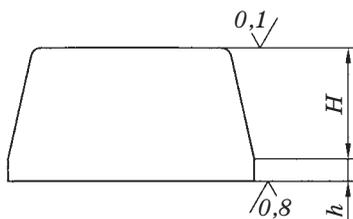


Рис. 1.1. Оформление наружного контура модели

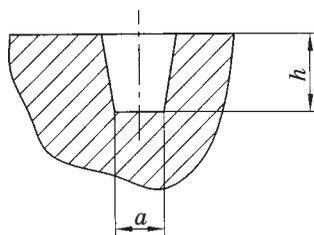


Рис. 1.2. Оформление внутреннего контура модели

дин и острых углов, и установлены втулки под толкатели, которые монтируются вне модели. Запрещается оформлять в электролитических осадках отверстия под центральный летник и толкатели.

На практике часто приходится сталкиваться с тиражированием моделей и изготовлением формообразующего элемента по уже готовому изделию. Для тиражирования модели необходима эталонная модель. Изготавливается эталонная модель либо механическим способом, либо методом прототипирования; при этом следует учитывать помимо усадки пластмассового изделия также усадку материалов, из которых изготавливаются матрица и сама модель.

Материал для изготовления матрицы должен обладать универсальными свойствами: технологичностью, прочностью и эластичностью, антиадгезионными свойствами к металлам и пластмассам, низкой токсичностью.

К важнейшим технологическим свойствам относятся низкая вязкость, достаточная жизнеспособность, малый экзотермический эффект при вулканизации, незначительная усадка.

Низкая вязкость композиции позволяет заливать ее легко, заполняя узкие полости и щели, точно копировать формообразующую поверхность. Входящий в состав композиции наполнитель должен не только усиливать, но и придавать ей тиксотропные свойства, что позволяет наносить композицию кистью на вертикальные поверхности. Применяемые для вулканизации композиции катализаторы должны обеспечивать малый экзотермический эффект, что позволяет получать матрицы без образования в них значительных внутренних напряжений, приводящих к деформации материалов и потере эластичности. Точность таких матриц зависит от разброса усадки композиции, которая, в свою очередь, зависит от температуры и времени вулканизации и точности соблюдения соотношения компонентов композиции. Необходимо подбирать такие режимы и технологии, которые обеспечивали бы стабильность размеров матрицы при эксплуатации.

Материалом для изготовления матрицы служит наполненная композиция на основе низкомолекулярных силиконовых каучуков типа КЛСЕ-305, КЛ-4, КЛС-55, У-4-21, пентапласт П-752 марки В и марок П-708, П-750, КЛФ-20.

Основные технические характеристики некоторых композиций приведены в табл. 1.1.

Технология тиражирования моделей следующая: на подмодельную плиту без зазора устанавливают эталонную модель либо готовое изделие. Мерным воском создается технологический припуск или пластилином выкладывается плоскость разъема. В зависимости от материала эталонной модели или готового изделия поверхность модели обезжиривают водным раствором любого моющего средства или органическими растворителями.

Т а б л и ц а 1.1

Физико-механические свойства силиконовых композиций

Показатель	П-708	КЛСЕ	П-750	КЛС-55	П-752 марки В
Плотность, кг/м ³	1113	1 150	1 120	1200	1 120
Твердость по Шору, отн. ед.	20	50–70	35	50–60	30
Относительное удлинение по разрыву, %	600	90–140	500	100–120	350
Линейная усадка, %	<0,1	0,17–0,3	<0,05	0,5–0,8	≤0,05
Жизнеспособность, мин	60–90	15–40	90–120	15–40	60–120
Сопротивление разрыву, МПа	6,3	1,0–1,5	3,5	1,0–1,3	4,5
Коэффициент теплового линейного расширения, 1/град × 10 ⁻⁵	–	22	–	3–4	–
Усредненная вязкость при 20 °С, сПз	9000	10 000	25 000–50 000	8000	30 000–120 000

Затем приготавливают облицовочную композицию из силиконовго каучука и катализатора (соотношение каучука и катализатора зависит от выбранной композиции). Компоненты композиции тщательно перемешивают в течение 2–3 мин и тотчас кистью наносят на поверхность изделия. Облицовочный слой отверждается до гелеобразного состояния приблизительно 20–30 мин, после чего устанавливают опоку и заливают необходимым объемом вновь приготовленной композиции того же состава. После отверждения композиции (полное отверждение происходит через 24 ч) модель извлекают из матрицы за счет упругой деформации ее стенок. В полученной матрице отливают модель из эпоксидного компаунда, состоящего из 100 г эпоксидной смолы, 15 г полиэтиленполиами́на, 5 г аэросила и 15–20 г графита, где полиэтиленполиамин является катализатором, а аэросил — регулятором тиксотропных свойств. Сначала на поверхность матрицы кистью наносят несколько облицовочных слоев, при этом перед нанесением очередного слоя предыдущий слой доводят до высоковязкого состояния в течение 1,5–2,0 ч. Затем устанавливают опоку и заливают необходимый объем вновь приготовленной композиции того же состава. После отверждения композиции модель извлекают из эластичной матрицы.

1.2. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К ГАЛЬВАНОПЛАСТИЧЕСКОМУ ОСАЖДЕНИЮ РАБОЧЕГО СЛОЯ

Способ подготовки поверхности модели к гальванопластическому осаждению рабочего слоя обуславливается материалом, из которого изготовлена модель.

Все металлические модели подвергаются механической полировке. Это способствует осаждению мелкокристаллических осадков и облегчает съём формо-

образующих элементов с модели. Однако после механической обработки на поверхности модели остается большое количество масляных загрязнений и полировочных паст. Поэтому поверхность модели обрабатывают бензином или другим растворителем до полного удаления загрязнений. После этого поверхность модели обезжиривают смесью из порошка «Эшка» или «Венской извести» ($\text{CaO} : \text{MgO}$ в соотношении 1 : 1) и 50% -ного раствора синтетического моющего средства типа ТМС-31, МЛ-51. Компоненты берутся в соотношении 1 : 1. Обезжиривание происходит при комнатной температуре в течение 10–15 мин. Если на поверхности модели остались только следы от полировочных паст, можно использовать концентрированное щелочное средство «Пентамаш-3», которое может заменить традиционные растворители, такие как бензин, уайт-спирит. Для обезжиривания поверхности готовят водный раствор «Пентамаш-3» концентрацией 3–15 %. Модель погружается в раствор и выдерживается 5–15 мин. В случае сильных загрязнений модель может выдерживаться в растворе до 5 ч при рабочей температуре раствора 20–40 °С. Затем поверхность модели растирают щеткой. После проведенных операций следует тщательная промывка последовательно горячей, холодной и дистиллированной водой. В случае неполного смачивания поверхности модели водой операцию необходимо повторить снова.

1.3. НАНЕСЕНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ

Одной из важных является операция нанесения на поверхность металла разделительных слоев. Она дает возможность снимать гальванопластические копии с металлических изделий. В случае нарушения разделительного слоя гибнет не только копия, но и оригинал, с которого эту копию снимают. Разделительные слои должны отвечать следующим требованиям:

— омическое сопротивление разделительного слоя не должно препятствовать прохождению необходимого для электроосаждения тока;

— покрывать поверхность модели равномерно и полностью;

— не растворяться в электролите;

— препятствовать коррозии основы поверхности модели (в случае использования инструментальных сталей).

Для отделения меди от меди можно применять восковые композиции, например 0,05–0,5% -ный раствор пчелиного воска в скипидаре, содержащем 1 % сероуглерода, масляные эмульсии или 2–3 масс. ч. высокомолекулярного полиизобутилена марки П-200 в 97–98 масс. ч. бензина. Также можно использовать раствор бихромата калия — 120 г/л в течение 5–7 мин при комнатной температуре. Для отделения никеля от никеля лучше всего наносить сульфидные пленки меди или свинца.

Для защиты инструментальной стали от коррозии при последующем наращивании металла из кислых электролитов применяют либо покрытие электролитическим хромом, либо химическое никелирование. Процесс химического никелирования основан на реакции восстановления ионов никеля гипофосфитом в водных растворах и осуществляется путем погружения в нагретый до температуры 90–95 °С раствор деталей, поверхность которых подготовлена принятыми в гальваностегии методами. Образующиеся покрытия представляют собой сложную систему, включающую наряду с никелем до 12 % фосфора.

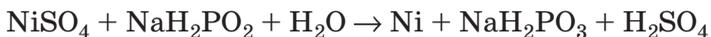
Лучший эффект достигается при нанесении химического никеля из раствора следующего состава, мл/л:

Никель сернокислый $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (концентрат 300 г/л)	100
Гипофосфит натрия NaH_2PO_2 (концентрат 150 г/л)	100
Натрий уксуснокислый CH_3COONa (концентрат 100 г/л)	100
pH	6,1–6,2

Для приготовления 1 л раствора необходимо отмерить по 100 мл концентрата каждого компонента. Слить растворы никеля сернокислого и натрия уксуснокислого и разбавить дистиллированной водой до 0,9 л. Затем нагреть раствор до температуры 85–90 °С и прилить к нему при интенсивном перемешивании 100 мл гипофосфита натрия. Скорость осаждения составляет 20 мкм/ч при плотности загрузки 0,4–0,6 дм²/л.

Время никелирования зависит от требуемой толщины слоя покрытия, плотности загрузки, температуры и состава электролита. Оптимальная температура раствора составляет 85–90 °С. Повышение температуры свыше 92 °С может привести к самопроизвольному разложению раствора с выделением металлического никеля и фосфидов никеля в виде порошка или дендритов в растворе или на стенках сосуда.

Снижение температуры ниже 85 °С приводит к снижению скорости восстановления никеля и к полному прекращению процесса при температуре ниже 70 °С. Процесс химического никелирования ведут при рН, равном 6,1–6,2. Во время проведения процесса происходит увеличение кислотности раствора, связанное с тем, что реакция восстановления никеля протекает с образованием кислоты по следующей реакции:



Это приводит к снижению скорости осаждения никеля, а при рН ≤ 3,0 процесс восстановления никеля практически прекращается. Таким образом, во время никелирования раствор следует периодически подщелачивать.

Для эффективного использования объема раствора необходимо соблюдать определенное соотношение объема раствора V , см³, к площади покрываемой поверхности S , см²:

$$L_{\max} = \frac{V}{S} \leq 10,$$

где L_{\max} — максимальное использование раствора.

Продолжительность никелирования τ зависит от плотности загрузки:

$$t = D/5 \text{ ч,}$$

где D — плотность загрузки, $\text{дм}^2/\text{л}$, $D = 40/a$, a — толщина покрытия, мкм .

Технология нанесения химического никеля следующая: стальные детали, смонтированные на медных, латунных, винипластовых подвесках или капроновых нитях, после очистки в бензине обезжиривают в химических растворах.

Чаще всего химическое обезжиривание производят в растворах:

— тринатрийфосфат — 10–12 г/л, кальцинированная сода — 10–12 г/л, ОС-20 — 5–10 г/л при температуре 70–80 °С в течение 3–10 мин при непрерывном воздушном перемешивании;

— кальцинированная сода — 40–60 г/л, сульфатнол — 8–10 г/л при температуре 70–80 °С в течение 5–20 мин.

Допускается замена ОП-7, ОП-10 и сульфанола на другие поверхностно-активные вещества. Затем места, не подлежащие покрытию, изолируются перхлорвиниловыми эмалями ХВЭ-16, ХВЭ-20, ХВЭ-21, ХВЭ-22, перхлорвиниловой лентой или перхлорвиниловым лаком ХВЛ-21, так как эти изоляционные материалы являются химически стойкими в кислых средах при температуре 80–95 °С. Эмаль или лак наносят кистью в два-три слоя, причем каждый слой перед нанесением следующего должен хорошо просохнуть. Для ускорения процесса изоляционный слой можно просушить в сушильном шкафу при температуре 60–70 °С. Подтеки изоляции зачищают и производят электролитическое обезжиривание в растворе, состоящем из 50–70 г/л каустической соды, 30–50 г/л кальцинированной соды, 3–5 г/л жидкого стекла при комнатной температуре и плотности тока 8–10 А/дм². Время обезжиривания на катоде составляет 10–15 мин, на аноде — 2–3 мин. После обезжиривания детали промывают горячей и холодной про-

точной водой и активируют в соляной кислоте с концентрацией 200–300 г/л при комнатной температуре в течение 1–2 мин. Шлам с поверхности деталей очищают волосяной щеткой. После активирования детали промывают проточной холодной водой в течение 30 с и затем опускают в горячую воду температурой 85–95 °С на 1–2 мин. После промывки детали сразу же опускают в раствор химического никелирования.

Как уже говорилось выше, во время работы необходимо поддерживать требуемую кислотность раствора. Для поддержания рН раствора в рабочих пределах необходимо производить его корректировку 1,0–1,5% -ным раствором каустической соды. Корректировка раствора осуществляется через 15–25 мин по показанию рН-метра (табл. 1.2).

Введение корректировочного раствора необходимо производить при интенсивном перемешивании, избегая попадания его на поверхность покрываемых деталей. После никелирования детали тщательно промывают в горячей и холодной проточной воде и высушивают теплым сжатым воздухом, очищенным от масла. Далее для улучшения сцепления покрытия с основой и повышения его твердости производится термическая обработка деталей. Детали за-

Т а б л и ц а 1.2

Корректировка раствором каустической содой

Значение рН раствора до корректировки	Количество 1,5%-ной каустической соды, добавленной на 1 л раствора, мл	Значение рН раствора после корректировки
3,0	92	4,5
3,2	90	4,6
3,4	80	4,5
3,6	70	4,8
3,8	58	4,5
4,0	50	4,6

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Г л а в а 1. Изготовление формообразующих элементов пресс-форм	5
1.1. Технологическая схема изготовления формообразующих элементов пресс-форм	—
1.2. Подготовка поверхности металлических моделей к гальванопластическому осаждению рабочего слоя	10
1.3. Нанесение разделительных слоев	11
1.4. Подготовка моделей из диэлектриков	17
1.5. Нанесение рабочего слоя из электролитических ванн	26
1.6. Осаждение технологического подслоя	32
1.7. Механическая обработка формообразующего элемента перед установкой в обойму пресс-форм	47
Г л а в а 2. Изготовление тонкостенных полых изделий	51
2.1. Технология изготовления тонкостенных полых изделий путем наружного осаждения металла	—
2.2. Приготовление и корректирование серноокислых электролитов никелирования	67
Г л а в а 3. Изготовление волноводов	69
3.1. Общие понятия о волноводах	—
3.2. Технологические условия и выбор типовых представительных изделий для изготовления волноводов методом гальванопластики по эластичным моделям	71
3.3. Электролиты, применяемые для электроосаждения волноводов из меди	91
3.4. Описание технологического процесса изготовления волноводов	98
Г л а в а 4. Изготовление электрод-инструментов и плоских деталей	103
4.1. Последовательность изготовления электрод-инструментов	—
4.2. Технология изготовления сложнопрофильных плоских деталей с использованием фотополимерных материалов	107
4.3. Фотополимерные матрицы и мастер-модели из жидких композиций	116
Г л а в а 5. Оборудование и вспомогательная оснастка, используемая в гальванопластике	120
5.1. Оборудование для гальванопластического наращивания	—
5.2. Вспомогательная оснастка	130

Г л а в а 6. Методика проведения анализа электролитов	134
6.1. Определение содержания компонентов электролитов	—
6.2. Определение внутренних напряжений электролитических осадков	144
Список литературы	145