

## 1.18. ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА И ГАЛЬВАНОСТЕГИЯ

**Цель лекции:** изучение особенностей применения методов гальванопластики и гальваностегии в приборостроении.

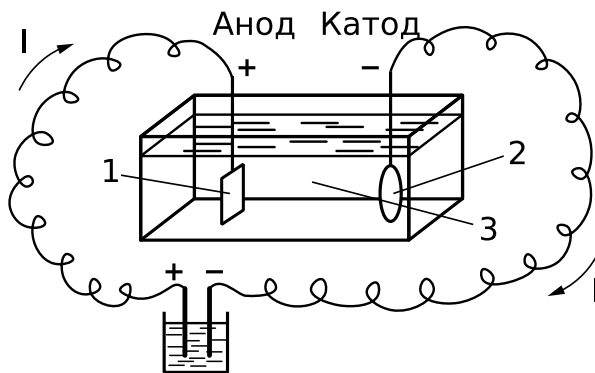
### 1.18.1. ОСНОВЫ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Гальванопластика – это техника получения точных металлических копий путём электроосаждения металла на формы, которые по окончании процесса отделяются от осаждённого слоя.

Техника гальванопластики используется в основном для получения изделий нестандартной формы и инструмента, а также для их воспроизведения и копирования.

Гальванопластика является электрохимическим процессом, обеспечивающим безотходность технологии рис.1.173.

Гальванопластику изобрел российский физик Борис Якоби [51]. Эта технология быстро распространилась в Российской империи. В частности, таким способом были созданы скульптуры Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге. Борис Семёнович получил за своё открытие Демидовскую премию и большую золотую медаль Парижской выставки.



**Рис. 1.173.** Схема установки для гальванопластики  
1- анод; 2 – форма изделия; 3 – ванна с электролитом; | - электрический ток.

В 1836 году Майкл Фарадей опубликовал выведенные математически количественные характеристики электролиза. Обнаруженные взаимосвязи между количеством прошедшего через электролит электричества и количеством выделившегося при этом вещества впоследствии были названы законами Фарадея для электролиза.

Закон Фарадея:

$$m = kIt,$$

где:  $m$  — масса вещества, осажденного на катоде, г;

$I$  — сила протекающего через электролит тока, А;

$t$  — длительность протекания тока, ч;

$k$  — электрохимический эквивалент или масса вещества (в граммах), осажденного в течение 1 ч при силе тока 1 А.

Преимущества гальванопластики как метода формования:

- высокая точность воспроизведения микро- и макрогеометрического сложного рельефа поверхности, на которую производится электроосаждение металла;
- низкая стоимость оснастки и оборудования, что позволяет часто менять конструкцию деталей;
- многократное использование моделей для наращивания;
- тождественность деталей, снимаемых с одной модели;
- в условиях многосерийного производства возможность одновременно изготавливать большое количество деталей, которое определяется размерами ванн и мощностью источников тока;
- получение комбинированных деталей, как из различных металлов, так и неметаллов;
- малые затраты труда по сравнению с такими методами формования, как литье, штамповка, механическая обработка.

Недостатки гальванопластики:

- ограничения в перечне используемых металлов и сплавов;
- относительно невысокая скорость осаждения;
- неравномерность распределения электролитических осадков по рельефной поверхности, что влечёт за собой увеличения стадий механической обработки.

Область применения гальванопластики очень обширна: бесшовные трубы, волноводы, сильфоны, гильзы с кумулятивным зарядом, художественные изделия, компоненты для исследований в области термоядерного синтеза и ядерной энергии, датчики шероховатости поверхности, золотые коронки и мосты для стоматологии, калибровочные шкалы для электронной микроскопии, корпуса для слуховых аппаратов, микроустройства для электронного, микромеханического применения и многое другое.

Немногие электрохимические процессы идут точно в соответствии с законом Фарадея, так как часть тока может быть израсходована на побочные процессы, например, на выделение водорода.

Выходом по току  $\eta$  (%) называется отношение массы вещества  $G_{\text{факт}}$ , действительно полученной при электролизе, к массе вещества  $G_{\text{макс}}$ , которая должна была получиться по законам Фарадея при той же затрате электриче-

ства:

$$\eta = (G_{\text{факт}} / G_{\text{макс}}) \cdot 100\%.$$

В практической гальванотехнике закон Фарадея имеет, более развернутый вид, учитывающий катодный выход по току,  $\eta$  %:

$$m = kIt\eta.$$

Основные этапы технологии гальванопластики:

- конструирование и изготовление форм;
- подготовка форм к нанесению проводящих или разделительных слоёв;
- нанесение проводящего слоя на немаetalлическую поверхность формы;
- нанесение разделительного слоя на metalлический слой формы;
- электроосаждение требуемого metalла или сплава;
- обработка тыльной стороны наращенного изделия;
- отделение готового изделия от формы.

### Конструирование и изготовление форм

Формой называется изделие, на которое непосредственно осаждают metalл, чтобы получить обращённую копию поверхности. Форма определяет не только конфигурацию и размер детали, но и точность изготовления, и чистоту поверхности получаемой детали.

По принципу использования формы делятся на:

- постоянные (для изделий допускающих разъём);
- одноразового использования (выжигаемые, выплавляемые, растворяемые).

По материалу формы делятся на:

- metalлические;
- немаetalлические;
- комбинированные.

Важно при конструировании формы учитывать особенности процесса электроосаждения metalла, в частности, рассеивающую способность электролита - это способность электролита улучшать первичное распределение тока по поверхности детали. В табл. 1.23 представлены материалы, применяемые для неразрушаемых metalлических форм.

Таблица 1.23.

## Материалы, применяемые для металлических форм

| Материал                          | Особенности применения   | Когда используют  | Достоинства/Недостатки  |
|-----------------------------------|--|---|---|
| 1                                 | 2  | 3   | 4   |
| Хромоникелевая сталь: 12Х18Н10Т   | Наращивание производят из кислых электролитов  | Используют, когда нужны формы большой точности изготовления.                                  | трудоёмкая механическая обработка, относительно низкая твёрдость, термозакалке не поддаётся, немагнитны, высокая стоимость. |
| Хромистые стали: 4Х13, 3Х13, 2Х13 | Наращивание производят из щелочных электролитов.   | Когда необходимы дешёвые формы  | Дёшевы, просты в обработке. Твёрдость увеличивается при термозакалке.   |
| Медь, латунь                      | Наращивание производят электролизом в расплавленных средах   | Наиболее часто используют ввиду хорошей технологичности                                       | Недостаток: мягкая. Латунь. Недостаток: мягкая.   |
| Титан и его сплавы                | Разделительный слой на них образуется самопроизвольно на воздухе и представляет собой прочный слой окиси титана. | . Используют для получения микроминиатюрных изделий.  | Достоинство: высокая коррозионная стойкость, легкость.<br>Недостаток: высокая трудоёмкость обработки, высокая стоимость.    |
| Никелевые сплавы (инвар, ковар).  | Окисные разделительные слои образуются самопроизвольно   | Для получения никелевых матриц прессформ, прочных изделий, работающих при низких температурах | Достоинство: низкий коэффициент теплового расширения.<br>Недостаток: высокая трудоёмкость обработки, высокая стоимость      |

Формы могут быть и разрушаемые, это когда после осаждения металла на форму она может быть разрушена для освобождения полученной детали табл. 1.24.

Таблица 1.24.

## Материалы для разрушаемых форм

| Материал               | Когда используют                                    | Достоинства/Недостатки   |
|------------------------|---|--|
| Алюминий и его сплавы. | Чаще всего применяется для производства волноводов. | Достоинство - формы легкие, изготавливаются как литьем, так и механической обработкой. |
| Легкоплавкие сплавы    | Изготовление форм литьем из легкоплавких сплавов    | Невысокая точность, нестабильность размеров при комнатной температуре.                 |

Таблица 1.25.

## Материалы для неметаллических форм

| Материал       | Способ применения  | Когда используют                              | Достоинства/Недостатки   |
|----------------|--|---|--|
| Гипсовые формы | Механическое нанесение проводящего слоя путем графитирования | Применяются в художественной гальванопластике | Дешевый/Недостаток - гигроскопичность гипса, поэтому форму необходимо подвергать пропитке. |
| Восковые формы | Механическое нанесение проводящего слоя путем графитирования | Применяются в художественной гальванопластике | Дешевый/Очень мягкий материал, требует аккуратного обращения                               |

Применяются также и неметаллические формы. В табл. 1.25 представлены некоторые из таких материалов.

Материалы для пластмассовых форм представлены в табл. 1.26.

Таблица 1.26.

## Материалы для пластмассовых форм

| Материал              | Свойства   | Достоинства/Недостатки   |
|-----------------------|--|--|
| Эпоксидные пластмассы | обладают высокой химической стойкостью, прочностью, минимальной усадкой и способны отверждаться при комнатной температуре без давления   | Недостаток: вязкость, токсичность отвердителей и трудность удаления воздуха из смесей. |
| Акриловые пластмассы  | В неотвержденном виде имеют высокую химическую активность и могут взаимодействовать со многими веществами. Например, она разъедает силиконы, растворяет оргстекло и полистирол, и другие материалы. Но при этом акриловая смола в жидкой и твер- | Более дешевые и быстрее отверждаются.  |

|            |   |   |
|------------|---|---|
|            | дой фазе инертна к таким материалам как, полиэтилен, полипропилен и стекло, поэтому формы для литья рекомендуется изготавливать именно из них |   |
| Пенопласты | Газонаполненные пластмассы, обладающие пористой структурой, состоящей из несообщающихся ячеек; низкой плотностью                              | Высокие прочностные характеристики, большая гибкость, малая усадка.<br>Щелочестойкий материал. Устойчив к агрессивным средам. Точно передает рельеф поверхности. Токсичен. Нельзя делить на порции, необходимо использовать весь материал сразу же<br>Сильно прилипает ко всем материалам, требуется большое количество смазки. Наличие пузырьков воздуха на поверхности формы. Сложность в работе. Достаточно густой вязкий материал — сложно заливать |
| Каучук     | Высокая эластичность (каучуки способны восстанавливать форму), электроизоляция, водо- и газонепроницаемость                                   | Высокая абразивная устойчивость. Долговечность. Сохранение геометрических размеров в течение всего срока эксплуатации. Высокая стоимость оборудования для производства форм   |

### Подготовка форм к нанесению проводящих или разделительных слоев

Основные операции: очистка, обезжиривание, пропитка, создание шероховатости, сенсбилизация, активирование. Последовательность операций, их число, а также сами способы проведения операций зависят от материала, формы, способа нанесения проводящего или разделительного слоя и способа нанесения покрытий.

### Нанесение проводящего слоя на неметаллические формы

Механический способ. Пример механического способа – графитирование. Недостаток графитирования: большое удельное сопротивление.

Другой способ – нанесение порошка из меди и бронзы (вместо графита). Можно также наносить токопроводящие эмали и эмульсии. Пример такого состава:

- порошок бронзы – 70-90%;

- жидкое стекло – 10-30%;
- эпоксидная смола – 2-5%.

### **Химический способ получения проводящего слоя на неметаллических формах**

Разработаны способы химического восстановления металла из соединений для получения проводящих покрытий из серебра, меди, платины, никеля, кобальта, сурьмы и др. Есть пленки со специальными свойствами. Их наносят, когда проводящий слой должен обладать дополнительными свойствами, например, магнитными, эмиссионными, полупроводниковыми и т.п.

Преимущество способа – возможность металлизации изделий сложной формы, а также тонких и узких каналов и отверстий, высокая точность процесса.

Другие способы металлизации:

- термическое восстановление металла из соединений (из газовой фазы или нанесение проводящих паст с их последующим вжиганием);
- вакуумное напыление металла;
- пневматическое распыление металла.

### **Нанесение разделительного слоя на металлические формы**

Возможность снятия гальванических копий с металлических форм достигается путём нанесения на поверхность формы тонкого разделительного слоя. Данная операция является очень важной, поскольку при нарушении разделительного слоя или плохом его качестве будет практически невозможно воспроизвести точное копирование. Разделительный слой должен покрывать форму равномерно и полностью. Слой не должен растворяться в электролите до осаждения первичного беспористого слоя металла. В табл. 1.27. представлены методы нанесения разделительного слоя и их характеристики.

В машиностроении используется Fe (низкая стоимость, но нуждается в последующей обработке: азотирование, упрочнение).

Наибольшее применение в гальванопластике нашли сплавы: Ni с Co, Ni с Mg, Co с W.

Таблица 1.27.

## Методы нанесения разделительного слоя и их характеристики

| Методы нанесения разделительного слоя | Характеристика разделительного слоя  |
|---------------------------------------|--|
| Механическое                          | Для приготовления разделительного слоя может использоваться пчелиный воск. Его растворяют в скипидаре, причем скипидар с 1% H <sub>2</sub> S (сероводород) или может растворяться в тетрахлориде углерода, куда добавляют немного канифоли и добавляют графитовый порошок. Такого рода составы разделительных слоев годятся только для комнатной температуры.  |
| Смачивание в эмульсии                 | Эмульсия состоит из минерального масла, эмульгатора и связующего вещества (спирт или спиртообразные материалы)   |
| Химическое                            | Обеспечиваются условия для образования сульфидных, оксидных, фосфатных и других пленок. Наносят разделительный слой либо погружением, обливанием, путем натирания слабым раствором соли, пульверизацией. Толщину разделительного слоя можно регулировать изменяя время выдержки. Особенно часто применяют химическое нанесение, если металлические формы одноразовые и легкоплавкие  |
| Электрохимическое                     | <p>Электроосажденные пленки могут быть нанесены на любые металлы и сплавы. Для электроосаждения используются традиционные металлы: медь, никель, кобальт, железо, золото, серебро; сплавы кобальт-никель, алюминий-цинк.</p> <p>Способ получения покрытий – катодное восстановление металла из электролита.</p> <p>Основная проблема – это получения качественного толстого сплошного покрытия без внутренних напряжений. Необходимо добиваться мелкозернистой структуры (используют медь и никель). На появлении вредных механических напряжений влияют толщина слоя, температура</p> |
| Самопроизвольное образование          | Характерно для хрома. Его применение обусловлено тем, что он покрыт слоем оксида, который самопроизвольно возобновляется. Хромистые и хромоникелевые стали самопроизвольно образуют оксидные пленки, следовательно они могут быть использованы для изготовления форм. Используют также рений, титан, цирконий, которые образуют разделительный слой в виде оксида под действием кислорода воздуха  |

Методами гальванопластики можно получить композиционные материалы. Для этого в осаждаемый слой включают частицы других материалов, в частности можно получить: осажденный никель с включениями технического алмаза, либо волокна вольфрама.



## Обработка тыльной стороны наращенного металла

В наиболее простых случаях эта обработка сводится к чисто механической операции (шлифовка), но бывает, что с помощью такой обработки упрочняют полученную деталь или инструмент.

Например, на тыльную сторону копии заливают специальные легкоплавкие сплавы (типографский сплав, который содержит 95% Pb, 3% сурьмы, 2% олова).

Наносят газоплазменным способом слой металла (Cu, Al, Au). Толщина слоя около 30мкм.

Упрочняют также путем обволакивания или опрессовывания пластмассой.

## Отделение готового изделия от формы

По окончании процесса наращивания перед отделением металлической копии, форму тщательно промывают. Готовые изделия отделяют от форм, используют механические усилия (гидравлическое давление, нагрев, охлаждение, вакуум).

Пластмассовые формы растворяют в органических растворителях или расплавляют форму.

Для отделения крупных тонкостенных изделий применяют охлаждение форм жидким азотом.

Можно отделять изделия от формы, сообщая форме ультразвуковые колебания с частотой, близкой к резонансной частоте формы.

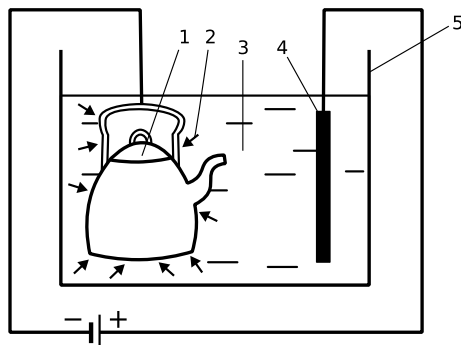
### 1.18.2. ОСНОВЫ ГАЛЬВАНОСТЕГИИ

Гальваностегия — электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета, детали.

В зависимости от требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам деталей, различают покрытия:

- защитные (для защиты покрываемого металла от коррозии);
- защитно-декоративные (для защиты покрываемого металла от коррозии и придания его поверхности декоративного вида);
- декоративные (для придания поверхности покрываемого металла декоративного вида);
- специальные (для придания поверхности покрываемого металла определённых свойств, например: диэлектрических, электропроводных, износостойких, противозадирных, под пайку, для повышения адгезии при гуммировании стальных изделий и т. д.);

На рис. 1.174 показана схема метода гальваностегии или гальванического осаждения металлов. В ванну с электролитом погружается изделие, на которое требуется осадить слой металла и подключается к отрицательному полюсу источника питания. Рядом с изделием в ванну погружается токопроводящий электрод, подключаемый к положительному полюсу. В результате электрохимической реакции на изделии осаждается слой металла.



**Рис. 1.174.** Схема метода гальваностегии

1 – Изделие; 2 – осаждаемый металл; 3 – электролит; 4 – анод; 5 – ванна

Возможности нанесения осаждаемого металла гальваническим способом представлены в табл. 1.28.

*Таблица 1.28.*

Возможности нанесения осаждаемого металла гальваническим способом для некоторых металлов

| Металл, на который наносится покрытие | Металл, который наносится |    |    |    |    |  |                                      |    |
|---------------------------------------|---------------------------|----|----|----|----|--|--------------------------------------|----|
|                                       | Au                        | Ag | Cr | Ni | Cd | Cu<br>Циан-<br>стый<br>электро-<br>лит | Cu<br>Кис-<br>лый<br>элек-<br>тролит | Zn |
| 1                                     | 2                         | 3  | 4  | 5  | 6  | 7                                      | 8                                    | 9  |
| Медь Cu                               | Н                         | Н  | Н  | Н  | Н  | Н                                      | Н                                    | Н  |
| Никель Ni                             | Н                         | М  | Н  | М  | -  | Н                                      | Н                                    | -  |
| Цинк Zn                               | М                         | Мр | М  | Мр | -  | Н                                      | М                                    | -  |

Продолжение Таблицы 1.28

|   |   |   |    |   |   |   |   |   |
|---|---|---|----|---|---|---|---|---|
| Олово Sn  | М | М | М  | М | - | Н | М | - |
| Свинец Pb   | М | М | М  | М | Н | Н | М | - |
| Алюминий Al   | М | М | М  | Н | Н | Н | - | - |
| Железо Fe   | М | М | Мр | Н | Н | Н | М | Н |
| Обозначения:<br>Н – можно наносить непосредственно<br>М – необходимо нанести медь в качестве подслоя<br>М – подслоя из меди рекомендуется, но не обязателен |   |   |    |   |   |   |   |   |

Состав кислых электролитов меднения (в кг на 100 л)

Электролит 1.

Сернокислая медь 20, серная кислота (66°) 3; плотность тока 0,5—3 а/дм<sup>2</sup>, напряжение 1—4 в.

Электролит 2.

Сернокислая медь 25, серная кислота (66°) 0,75, сегнетова соль 0,2; плотность тока 3—10 а/дм<sup>2</sup>, напряжение 2—8 В. Применяется для гальванопластики.

Для обоих видов ванн применяют аноды из чистой меди (в виде листов толщиной 5—7 мм). Работа ведется при нормальной температуре, обычно 20° С.

Удаление медных покрытий в цианистом электролите: 100 л воды, 3,7 г цианистого калия; напряжение 6 в, температура 60° С.

В табл. 1.27. представлены электролиты для покрытия изделий слоем цинка.

Таблица 1.29.

Кислые электролиты для цинкования (кг на 100 л)

| Электролит/параметр               | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Сернокислый цинк                  | 15        | 20        | 30        |
| Сернокислый аммоний               | 5         | -         | -         |
| Сернокислый натрий                | -         | 4         | -         |
| Сернокислый алюминий              | -         | -         | 2         |
| Хлористый цинк                    | -         | 1         | -         |
| Хлористый натрий                  | -         | -         | 1,2       |
| Борная кислота                    | 1         | 0,5       | 1,8       |
| Плотность тока, А/дм <sup>2</sup> | 0,3-1     | 0,5-3     | 1-3       |
| Напряжение, В                     | 1-2,5     | 1,5-2,5   | 2-2,5     |

В табл. 1.29. представлены щелочные электролиты для покрытия изделий слоем цинка.

Таблица 1.30.

## Щелочные электролиты для цинкования (кг на 100 л)

| Электролит/параметр               | Вариант 1 | Вариант 2 | Для блестящего цинкования |
|-----------------------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| Цианистая цинковокалиевая соль    | -         | 4,5       | -                         |
| Цианистый цинк                    | 5         | -         | 6                         |
| Цианистый калий                   | -         | 1,5       | -                         |
| Цианистый натрий                  | 4,5       | -         | 3                         |
| Едкий натр                        | -         | 1,5       | 6                         |
| Сульфид натрия                    | -         | -         | 0,25                      |
| Гелиотропин (пиперонилальдегид)   | -         | -         | 0,1-0,3                   |
| Цианистая ртутно-калиевая соль    | -         | 0,2       | -                         |
| Плотность тока, А/дм <sup>2</sup> | 0,5-2     | 0,3-1     | 3-5                       |
| Напряжение, В                     | 2-3       | 1-2,5     | 2-3                       |

В таблице 1.31. представлены кислые электролиты для латунирования

Табл. 1.31.

## Кислые электролиты для латунирования (кг на 100 л)

| Электролит/параметр         | Вариант 1 | Вариант 2 |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Сернокислая медь            | 1,5       | -         |
| Сернокислый цинк            | 1,5       | -         |
| Ацетат меди                 | -         | 1,5       |
| Ацетат цинка                | -         | 1,5       |
| Цианистый натрий            | 1,9       | 3         |
| Углекислый натрий безводный | 2         | 3         |
| Сульфит натрия              | 2         | -         |
| Бисульфит натрия            | -         | 2         |
| Напряжение, В               | 2,5-3     | 2,5-3     |
| Температура, °С             | 20        | 20        |

В табл. 1.32. представлены цианистые электролиты для покрытия изделий слоем латуни.

Таблица 1.32.

Цианистые электролиты для латунирования (кг на 100 л)

| Электролит/параметр                    | Вариант<br>1 | Вариант<br>2 | Вариант<br>3 | Вариант<br>4 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Цианистая меднока-<br>лиевая соль      | 2,9          | 2,5          | -            | 6,5          |
| Цианистая цинкока-<br>лиевая соль      | 2,0          | 4,5          | -            | 1,5          |
| Бисульфат натрия                       | 2,0          | 0,75         | -            | 2,0          |
| Сернокислый натрий<br>кальцинированный | 2,0          | -            | -            | -            |
| Углекислый натрий<br>безводный         | 1,4          | 1,65         | 1,5          | 0,5          |
| Цианистый калий                        | 0,1          | 0,95         | 4,1          | 1,5          |
| Цианистая медь                         | -            | 1,0          | 3,0          | -            |
| Хлористый аммоний                      | 0,2          | 0,1          | -            | 0,2          |
| Аммиак                                 | -            | 0,4          | -            | -            |
| Цианистый цинк                         | -            | -            | 0,75         | -            |
| Плотность тока<br>А/дм <sup>2</sup>    | 0,3          | 0,6          | 0,3-2,2      | 0,1          |
| Напряжение, В                          | 3            | 2,5-3,5      | 3-5          | 1-2          |
| Температура, °С                        | 15-20        | 30-40        | 25-30        | 15-20        |

**Никелирование** применяется для покрытия изделий слоем никеля с декоративной целью и для защиты от коррозии. Аноды должны быть обязательно из чистого никеля — они не должны содержать железа и меди (допускаются только незначительные следы). Аноды делают литые или катаные; более экономичны катаные аноды. Применяют чаще всего пластины толщиной 10—12 мм (катаные 5—8 мм, литые 10—12 мм).

Обычно при требуемой толщине покрытия 0,01 мм никелирование в обычных растворах длится 1—3 ч, в зависимости от состава электролита; в растворах быстрого никелирования слой такой же толщины получается за 0,75—1,5 ч. Перед никелированием изделия подвергают гальваническому омеднению, после чего можно наносить более тонкий слой никелевого покрытия. В табл. 1.33. представлены электролиты для ускоренного никелирования.

Таблица 1.33.

Электролиты для ускоренного никелирования (кг на 100 л)

| Электролит/параметр              | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1                                | 2         | 3         | 4         |
| Сернокислый никель               | 22        | 22        | 15        |
| Хлористый никель                 | -         | 2,5       | -         |
| Хлористый аммоний                | 2,2       | -         | -         |
| Сернокислый магний               | -         | -         | 10        |
| Борная кислота                   | 2,5       | 1,5       | 1,5       |
| Хлористый натрий                 | -         | -         | 1,0       |
| Плотность тока А/дм <sup>2</sup> | 2-3       | 1,5-3     | 1-2       |
| Напряжение, В                    | 2-3       | 2-3       | 2-3       |
| Температура, °С                  | 35-50     | 35-50     | 35-50     |
| Водородный показатель, рН        | 4,8-5     | 5         | 5         |

В табл. 1.34. представлены электролиты для блестящего никелирования (кг на 100 л).

Таблица 1.34.

Электролиты для блестящего никелирования

| Электролит/параметр              | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Сернокислый никель               | 7         | 20        | 8,3       |
| Сернокислый натрий               | 1         | 2         | 8,3       |
| Сернокислый магний               | 0,7       | 2         | -         |
| Хлористый аммоний                | -         | -         | 1,4       |
| Борная кислота                   | -         | -         | 1,0       |
| Цитрат натрия                    | 1         | 4         | -         |
| Хлористый натрий                 | 0,3       | 2         | -         |
| Хлористый кадмий                 | -         | -         | 0,007     |
| Плотность тока А/дм <sup>2</sup> | 1-3       | 1-3       | 1-3       |
| Напряжение, В                    | 4-6       | 4-6       | 4-6       |
| Температура, °С                  | 20        | 20        | 20        |

В табл. 1.35. представлены электролиты для никелирования изделий из алюминия.

Таблица 1.35.

| Электролиты для никелирования алюминия |           |           |
|--|-----------|-----------|
| Электролит/параметр                    | Вариант 1 | Вариант 2 |
| 1                                      | 2         | 3         |
| Сернокислый никель                     | 20        | 10        |
| Хлористый никель                       | 2,5       | -         |
| Хлористый натрий                       | 0,5       | 0,5       |
| Борная кислота                         | 1,5       | 4         |
| Сернокислый натрий                     | -         | 4         |
| Сернокислый магний                     | -         | 3         |
| Цитрат натрия                          | -         | 2         |
| Лимонная кислота                       | -         | 0,2       |
| Плотность тока А/дм <sup>2</sup>       | 2-4       | 1-3       |
| Напряжение, В                          | 4-6       | 4-6       |
| Температура, °С                        | 35-40     | 20        |
| Водородный показатель, рН              | 5,0-5,7   | 5,0-5,4   |

В табл.1.36. представлены электролиты для черного никелирования, то есть, покрытия, получаемые черным никелированием, которые имеют после полирования стекловидный блестящий черный оттенок.

Таблица 1.36.

| Электролиты черного никелирования (кг на 100 л) |           |           |
|---|-----------|-----------|
| Электролит/параметр                             | Вариант 1 | Вариант 2 |
| Сернокислый никель                              | 8         | 6         |
| Сернокислый натрий                              | 2         | -         |
| Сернокислый цинк                                | 2         | 9,75      |
| Роданид аммония                                 | 1,5       | 1,5       |
| Лимонная кислота                                | 0,2       | 0,8       |
| Плотность тока А/дм <sup>2</sup>                | 0,1-0,3   | 0,1-0,3   |
| Напряжение, В                                   | 1,5       | 1,4       |
| Температура, °С                                 | 18-20     | 18-20     |

Когда возникает необходимость декорирования поверхности металла, прибегают к таким способам как патинирование, индиирование или к процессу «электроколер».

**Патинирование** — искусственная имитация зеленоватого налета (патины) на меди и ее сплавах. Химически патина образуется в результате погружения в разбавленный уксус на довольно длительное время. Электролитическое патинирование производят в жесткой воде при напряжении 3 В и плотности тока 0,01 А/дм<sup>2</sup>

Индиирование — способ гальванического нанесения индиевого покрытия,

например, на подшипники авиадвигателей, с целью увеличения их коррозионной стойкости. Электролит — раствор треххлористого индия 30 г, цианистого калия 95 г и декстрозы 12 г в 1 л воды.

Процесс «электроколер» представляет собой один из способов окрашивания меди и ее сплавов, а также никеля и хрома окислами. Окислы наносятся электролитическим путем из раствора с медистыми солями. Катодом является изделие, анод — медный лист (при напряжении 0,4 В и плотности тока 0,1 А/дм<sup>2</sup>). В зависимости от требуемой окраски электролиз продолжается от 1 до 30 мин, поскольку цвет зависит от толщины нанесенного слоя.

### ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ

|          |  |
|----------|--|
| Вопрос 1 | Что такое гальванопластика?  |
| Ответы:  |  |
| 1        | Это техника получения точных металлических копий путём электроосаждения металла на формы, которые по окончании процесса отделяются от осаждённого слоя                   |
| 2        | Это получение пластичных материалов гальваническим способом  |
| 3        | Это процесс разделения металла, осажденного гальваническим способом от формы   |
| Вопрос 2 | Какой процесс лежит в основе гальванопластики?   |
| Ответы:  |  |
| 1        | Электрохимический процесс  |
| 2        | Химический процесс   |
| 3        | Плазмохимический процесс   |
| Вопрос 3 | Какие параметры влияют на массу осаждаемого металла при электрохимическом процессе согласно закону Фарадея?  |
| Ответы:  |  |
| 1        | Сила тока и время  |
| 2        | Химический состав электролита и температура  |
| 3        | Магнитная индукция и температура   |
| Вопрос 4 | Что такое выход по току?   |
| Ответы:  |  |
| 1        | Отношение массы вещества, действительно полученной при электролизе, к массе вещества, которая должна была получиться по законам Фарадея при той же затрате электричества |
| 2        | Отношение количества электричества, действительно затраченного при электролизе к количеству электричества, которое должно было получиться по закону Фарадея              |
| 3        | Отношение силы тока, при реальном электролизе к силе тока, которая должно была получиться по закону Фарадея  |



|          |  |
|----------|--|
| Вопрос 5 | Какое изделие называется формой в гальванопластике?  |
| Ответы:  |  |
| 1        | Формой называется изделие, на которое непосредственно осаждают металл, чтобы получить обращённую копию поверхности |
| 2        | Формой называется изделие, получаемое после осаждения металла на заготовку   |
| 3        | Формой называется специальный чехол, которым закрывают готовое изделие с целью его защиты от внешних воздействий   |
| Вопрос 6 | Что такое гальваностегия?  |
| Ответы:  |  |
| 1        | Это электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета, детали    |
| 2        | Это химическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета, детали           |
| 3        | Это плазмохимическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета, детали     |
| Вопрос 7 | С какой целью применяют никелирование?   |
| Ответы:  |  |
| 1        | Для покрытия изделий слоем никеля с декоративной целью и для защиты от коррозии                                    |
| 2        | Для изменения формы изделия  |
| 3        | Для удешевления изделия  |
| Вопрос 8 | Что такое патинирование?   |
| Ответы:  |  |
| 1        | Это искусственная имитация зеленоватого налета на меди и ее сплавах  |
| 2        | Это искусственная имитация черного налета на стали   |
| 3        | Это удаление окисного слоя с металла перед началом гальванического процесса  |
| Вопрос 8 | Что такое индиирование?  |
| Ответы:  |  |
| 1        | Это способ гальванического нанесения индиевого покрытия с целью увеличения и коррозионной стойкости изделий        |
| 2        | Это искусственная имитация фиолетового покрытия на пластмассовых изделиях  |
| 3        | Это удаление окисного слоя с индиевых изделий перед началом гальванического процесса                               |