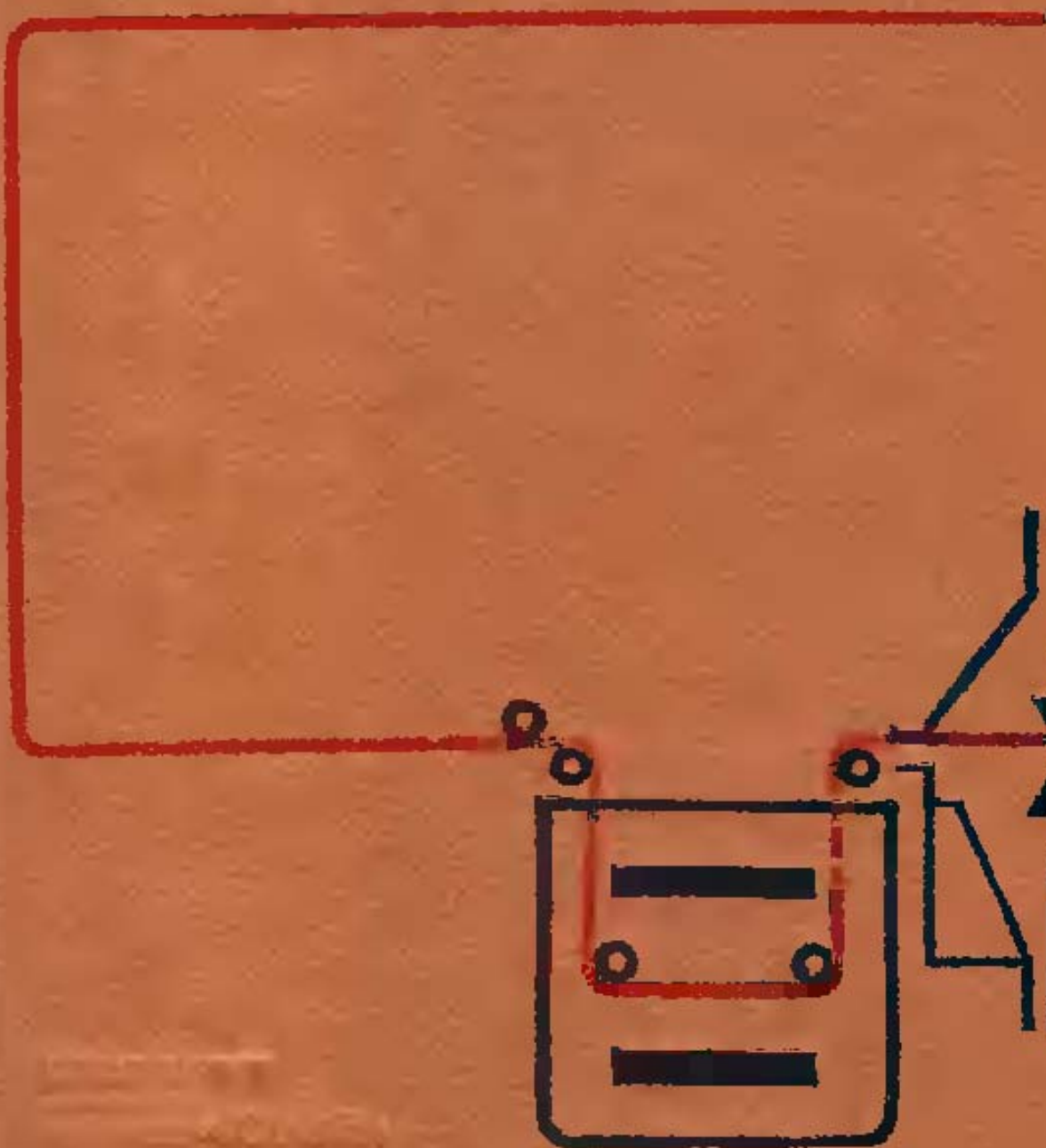


Л.Г. Зальцман, С.М. Черная

СПУТНИК ГАЛЬВАНИКА



Л.Г. Зальцман, С.М.Черная

СПУТНИК ГАЛЬВАНИКА

Издание 3-е, дополненное

Киев
«Тэхніка»
1989

ББК 34.663я2
3-25
УДК 621.357

Рецензент канд. техн. наук В. Н. Сахаров
Редакция литературы по тяжелой промышленности
Зав. редакцией О. Л. Яковлева

Зальцман Л. Г., Черная С. М.
3-25 Спутник гальваника.— 3-е изд., доп.—
К.: Техника, 1989.— 191 с.
ISBN 5—335—00257—3

В справочнике рассмотрены основные способы нанесения различных металлических и неметаллических покрытий и их химико-технические характеристики, составы применяемых электролитов, приведены основные сведения о материалах и химикатах, технологическом оборудовании и контрольно-измерительной аппаратуре, используемых в гальванотехнике. Освещены основные вопросы работы автоматизированной системы управления гальваническими процессами. Приведены сведения о технике безопасности и организации работ.

Справочник предназначен для рабочих и мастеров гальванических цехов и работников заводских лабораторий.

3 $\frac{2704070000-032}{M202(04)-89}$ 109.89

ББК 34.663я2

ISBN 5—335—00257—3

- © Издательство «Техника», 1979
- © Издательство «Техника», 1984, с изменениями
- © Издательство «Техника», 1989, с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Известно, что значительная часть (10—15 %) металла, производимого в мире, в результате коррозии и преждевременного физического износа металлических изделий используется неэффективно, что приводит к большим потерям. В связи с этим одной из первоочередных является задача максимальной экономии металла и его защиты от преждевременного физического разрушения. Эффективным и распространенным способом защиты металлов от коррозии является нанесение гальванических покрытий.

Успешное решение всех задач по защите металлов от коррозии и повышению качества выпускаемых изделий может быть обеспечено при условии коренной модернизации гальванического производства. В связи с этим в последние годы в гальванических цехах промышленных предприятий внедряются новые технологические процессы и совершенное оборудование, отвечающее требованиям современной науки и техники.

Широкое применение прогрессивной технологии и современного оборудования в виде механизированных и автоматизированных линий, в свою очередь, обусловило новые повышенные требования к квалификации производственного персонала. Работникам гальванических цехов необходимы теоретические знания в области гальванотехники для управления современным оборудованием. Правильное и грамотное использование современной техники и прогрессивной технологии зависит от того, насколько обслуживающий персонал обеспечен технической информацией о последних достижениях в этой области.

Поэтому авторы попытались в настоящем справочнике осветить необходимые основные данные по гальванотехнике, а также последние достижения науки и техники, которые нашли применение в гальваническом производстве.

Отзывы и пожелания просим присылать по адресу: 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5. Издательство «Тэхника».

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Гальванические покрытия применяются в основном для защиты изделий от коррозии и придания им декоративного вида. Кроме того, покрытия могут изменять качественные характеристики изделий — электропровод-

1. Характеристика

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °С	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
----------	------	------------------------------	----------------	--	-----------------------	---------------------------

Электролитиче						
Цинковое	Светло-серый, при хромировании изменяется от светло-голубого до золотисто-зеленого с радужным отливом	419	400—500	5,75	Сталь	л с ж

ность, паяемость, антифрикционные и магнитные свойства, отражательную способность и т. д.

Выбор вида покрытия и его толщины определяется назначением изделия, материалов, из которого оно сделано, условиями эксплуатации. При этом учитывают назначение и свойства покрытия (табл. 1), допустимость контактов сопрягаемых металлов и экономическую целесообразность.

Условия эксплуатации покрытий делятся на четыре группы: легкие (л), средние (с), жесткие (ж) и особо жесткие (ож) (ГОСТ 14007—68). Принадлежность к группе и толщина покрытия определяются тремя факторами: загрязненностью среды сернистым газом и хлористыми солями, климатическими условиями и условиями размещения изделия (табл. 2).

основных видов покрытий

Толщина, мкм	Подслои		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		

ские покрытия

3—6	—	—	Защита от коррозии	Является анодным покрытием и защищает металл электрохимически; хорошо сцепляется с основным металлом, выдерживает изгибы и развальцовку, на воздухе тускнеет с образованием белого налета без ухудшения защитных свойств; для повышения защитных свойств применяется в основном с пассивацией, в жестких условиях эксплуатации — с последующим фосфатированием и окрашиванием; без пассивации применяется только для пайки, точечной сварки и опрессовки; в морской среде быстро корродирует; нестойко также в контакте с олифой и растительными
9—15				
24				

Покрытие	Цвет	Температура плавания, °C	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм · см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
----------	------	-----------------------------	----------------	--	-----------------------	---------------------------

Кадмиевое	Серебристо-бе- лый с синеватым оттенком, при хромировании изменяется от светло-голубого до золотисто-зе- леного	321	350— 500	10,98	Сталь Медь и ее спла- вы	л с ж ож с
-----------	--	-----	-------------	-------	--	------------------------

Медное	Красный или ро- зовый	1083	600— 1500	1,68	Сталь	л
--------	--------------------------	------	--------------	------	-------	---

Сплав медь — цинк	От светло-жел- того до светло- розового	—	—	—	Сталь	л с
-------------------------	---	---	---	---	-------	--------

Продолжение табл. 1

Толщина, мм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
6 9 15—24 6	—	—	Защита от коррозии в морской среде Защита от коррозии при контакте с деталями из алюминиевых и магниевых сплавов	маслами; применяется в тех случаях, когда к поверхности изделий не предъявляются декоративные требования Характеризуется прочным сцеплением с основным металлом, высокими пластичностью, эластичностью и антифрикционными свойствами, способностью к пайке, стойкостью к действию морской среды; для повышения защитных свойств его фосфатируют или покрывают лаками или эмалями; в связи с дефицитностью кадмия применяется только для защиты от коррозии пружин из стали 65Г и деталей, работающих в морской среде
3—15 20—45	—	—	Обеспечение способности к пайке Защита от науглероживания	Отличается высокой электропроводностью, хорошим сцеплением с металлами, эластичностью и сильной окисляемостью; в свежесосажденном виде хорошо паяется и полируется; применяется как промежуточное в многослойных покрытиях и как подслои для обеспечения качественного сцепления при покрытии деталей из бронз, а также деталей, паяных мягкими припоями
3	Никель	9 21	Обеспечение сцепления с резиной при гуммировании	Содержит от 60 до 80 % меди и от 20 до 40 % цинка; характеризуется хорошим сцеплением с металлами; легко окисляется на воздухе

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °C	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм · см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
Сплав медь — олово	Белый или жел- тый	—	—	—	Медь и ее спла- вы	л, с ж, ож
					Сталь	л, с ж
Никелевое	Серебристо-бе- лый с желтова- тым оттенком	1452	1500 5000	7,23	Медь и ее спла- вы	л с ж, ож
					Сталь	л с ж, ож
					Алюми- ний и его спла- вы	ож
Хромовое	Серебристо- стальной с сине- ватым оттенком; цвет молочного покрытия — се- рый с молочным оттенком	1910	7500— 11 000	10,98		л
						с
					Сталь	ж, ож
						л с ж, ож

Продолжение табл. 1

Толщина, мм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
6—9 18	—	—	Защитно-декоративная отделка	Содержит 85—90 % меди и 10—15 олова (желтая бронза) или 60 % меди и 40 олова (белая бронза), хорошо паяется, полируется, обладает высокой твердостью и коррозионной стойкостью
6	Медь	6 18—24		
3—6 9—12 15—18	—	—	Защита от коррозии и декоративная отделка; придание поверхностной твердости деталям, работающим на трение	
9—15	—	—	Декоративная отделка	Легко полируется, отражательная способность — 58—62 %, плохо выдерживает развальцовку и клепку, в свежесосажденном виде легко паяется; является катодным по отношению к стали, поэтому его защитные свойства определяются, в основном, отсутствием пор; при покрытии изделий из стали для повышения защитных свойств наносится медный или никелевый подслои
6	Медь	9	деталей, работающих на трение, с одновременной защитой их от коррозии	
6	Никель	12		
9	Медь	18		
12	Медь	30		
24	—	—	Улучшение электропроводности, способности к пайке и сопряжения с другими деталями	Основные виды покрытия — молочное, блестящее и матовое; характеризуется высокой химической стойкостью, термостойкостью, склонностью к пассивированию на воздухе и к растрескиванию, стойкостью в условиях тропического климата, неравномерностью распределения по поверхности; нестойко к
≤1	Медь — никель	9 6 18 9 30	Декоративная отделка и защита от коррозии	
—	—	12		
6—12	—	—	Увеличение твердости	
36 48	—	—	деталей, работающих на трение	

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °С	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм·см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
----------	------	------------------------------	----------------	--	-----------------------	---------------------------

Медь
и ее
сплавы

л
с
ж, ож

л
с
ж

Оловянное От светло-сереб-
ристого до серо-
го

232 150—
200

11,5

Сталь

л
с
ж

Сплав оло- Серый
во — вис-
мут

—

—

—

Сталь

л
с
ж, ож

Продолжение табл. 1

Толщина, мм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
≥1	Никель	6 9 12	Защита от воздействия атмосферы, коррозии и загрязненной галоидно-водородными соединениями; декоративная отделка	Характеризуется хорошим сцеплением с основным металлом, эластичностью; в свежесосажденном виде легко паяется; после оплавления сохраняет способность к пайке в течение 1,5—2 мес складского хранения; со временем, окисляясь на воздухе, при низких температурах олово переходит в хрупкую модификацию; на оловянных покрытиях на латуни наблюдается самопроизвольный рост кристаллов олова, который отсутствует на оплавленном покрытии и на покрытии с подслоем никеля; для увеличения срока паяемости осажденного олова применяют его сплавы с висмутом, свинцом, цинком
6	—	—	Увеличение твердости деталей, работающих на трение	
12 18	—	—	Увеличение твердости деталей, работающих на трение	
9 12 21	—	—	Защита от коррозии при гуммировании	Содержание висмута составляет от 0,3 до 3,8 %; в течение года сохраняет способность к пайке с бескислотными флюсами без дополнительного оплавления
3	Никель	3	Улучшение способности к пайке, защита от коррозии	
6 9	или медь	9 18	Улучшение способности к пайке, защита от коррозии	

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °С	Гвердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм · см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
					Медь и ее сплавы Алюми- ний	л с ж с, ж
Сплав олово — никель	Серебристо-бе- лый	—	5000— 6000	—	Сталь	л с ж
					Медь и ее сплавы	л с ж
Сплав оло- во — цинк	Серебристо-бе- лый	—	—	—	Сталь	л с ж
					Медь и ее сплавы	л с ж
Сплав оло- во — сви- нец	От светло-серого до темно-серого	—	—	—	То же	л с ж
Серебря- ное	Серебристо-бе- лый	960	500— 1500	1,5	Медь и ее сплавы	л с ж, ож

Продолжение табл. 1

Толщина, мм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
3 6 6 12	— Никель	— 3 12—24	Сохранение способности к пайке в течение длительного времени с одновременной защитой от коррозии	
6 9 12	Медь	9 18 30	Декоративная отделка с одновременной защитой от коррозии при требовании поверхностной твердости наносятся на детали, опрессовывающиеся в пластмассу	Содержит 60—65 % олова и 40—35 % никеля; характеризуется высокими износостойкостью, химической стойкостью, паяется с активными флюсами; наносится на электроконтактные детали из меди и ее сплавов для повышения поверхностной твердости и износостойкости; хрупкое
3 6 9	—	—	Защита от коррозии и улучшение способности к пайке	Содержит 20—30 % цинка; легко паяется с бескислотными флюсами, хорошо полируется; обладает небольшой пористостью
12 24 30—48 6 9 12 3 3 6	— Никель или медь	— 3	То же	Электrolитический сплав содержит 50 % олова и 50 % свинца; допустимое отклонение состава равно $\pm (5-10) \%$; в оплавленном виде сохраняет способность к пайке в течение 2—3 мес складского хранения; для увеличения срока паяемости наносится на подсллой никеля толщиной до 3 мкм
3 6 9—12	—	—	Улучшение электропроводности	Характеризуется высокими коррозионной стойкостью, электропроводностью, теплопроводностью и отражательной

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °С	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм · см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
----------	------	------------------------------	----------------	--	-----------------------	---------------------------

Сталь

л
с
ж

Алюми-
ний и
его
сплавы

л

Сплав се-
ребро —
сурьма

Серебристо-бе-
лый

—

—

—

Медь
и ее
сплавы
Сталь

л
с
ж, ож
л
с
ж, ож

Продолжение табл. 1

Толщина, мкм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
3	Медь	6—9		способностью (90—95 %), прочным сцеплением с основным металлом и способностью хорошо паяться с бескислотными флюсами; способностью к пайке сохраняется в течение 6 мес; под действием соединений хлора, аммиака и серы тускнеет, покрываясь темным налетом; окисные пленки, образующиеся на воздухе, имеют незначительную толщину и не влияют на переходное сопротивление контактирующих деталей; покрытия, применяемые для защиты серебра от потемнения, как правило, ухудшают способность к пайке и увеличивают переходное сопротивление; для сохранения внешнего вида покрытия и его способности к пайке изделия при складском хранении следует упаковывать в полиэтиленовые мешки или ингибированную бумагу
6		24		
9		30		
6	Никель	12		
	Медь	6		
3	—	—	Улучшение электропроводности и	Износостойкое, содержит от 0,6 до 2 % сурьмы
6			повышение	
9—12			износостой-	
3	Медь	3	кости дета-	
6		24	лей, подвер-	
9—12		30	гающихся пе-	
			риодическо-	
			му трению	

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °С	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм·см	Материал изде- тия	Условия эксплу- атации
Золотое	Золотисто-жел- тый	1069	400— 1000	2,213	Медь и ее сплавы, никель	л, с ж, ож
Сплав золо- то-кобальт	Золотисто-жел- тый	—	1800— 2200	—	Медь и ее сплавы	л, с ж, ож
Паллади- евое	От серебристо- белого до серого	1552	3500	10,8	Сереб- ро, медь и ее сплавы	с, ж
Родиевое	Серебристо-бе- лый с голубым оттенком	—	4000— 8000	4,5	Сереб- ро Медь и ее сплавы	с, ж л, с ж, ож с ж, ож

Продолжение табл. 1

Толщина, мм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мм		
3 6	—	—	Снижение переходного сопротивления и сохранения постоянства электрических параметров	Характеризуется высокой химической стойкостью и теплопроводностью, хорошей способностью к сварке; на детали, работающие в условиях трения, следует наносить сплавы золота с никелем, кобальтом или сурьмой; содержание никеля и кобальта в сплаве составляет от 0,3 до 0,5 %, сурьмы — до 1 %
3 3	— Серебро или никель	— 3—6	То же и повышение износостойкости	—
1—3 3	— Серебро или никель	— 3—6	Сохранение постоянства электрических параметров, повышение износостойкости	Не тускнеет на воздухе; хорошо паяется и сваривается; обладает каталитической активностью, поэтому при воздействии паров органических веществ возможно образование на нем темных пленок, увеличивающих переходное сопротивление
1 1 1 3	— Никель или серебро Серебро	— 6 15 6 9—15	То же и повышение отражательной способности Повышение износостойкости деталей, работающих при постоянном трении	Обладает большой коррозионной стойкостью, высокими отражательной способностью (76—81 %), электропроводностью, твердостью и износостойкостью

Покрытие	Цвет	Температура плавения, °С	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм · см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
----------	------	-----------------------------	----------------	--	-----------------------	---------------------------

Х и м и ч е с к и е

Никелевое	Серебристо-бе- лый	—	4500— 5000	—	Сталь	л с, ж
					Медь и ее сплавы	л с ж

Алю-
миний и
его
сплавы

Оловянное	Серый	—	—	—	Медь и ее сплавы	л
-----------	-------	---	---	---	------------------------	---

Серебря- ное	Серебристо-бе- лый	—	—	—		л
-----------------	-----------------------	---	---	---	--	---

А н о д н о - о к и с

Окисное	От бесцветного до серого	—	—	—	Алюми- ний и его де- формн- руемые сплавы	л, о ж
---------	-----------------------------	---	---	---	--	-----------

Толщина, мкм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		

покрытия

15	—	—	Защита от коррозии и декоративная отделка деталей, имеющих особую сложную конфигурацию и точные размеры; повышение износостойкости	Характеризуется хорошим сцеплением с основным металлом (особенно после термообработки), высокими антифрикционными свойствами, износостойкостью и способностью сохранять магнитные свойства основного металла; после обработки при температуре 350—400 °С его твердость возрастает до 11 Па; содержит 3—10 % фосфора; во влажной атмосфере тускнеет, равномерно осаждается на поверхности и поэтому применяется для покрытия изделий сложной конфигурации; в связи с высокой стоимостью применяется только в технически обоснованных случаях
24	—	—		
6	—	—		
12	—	—		
15	—	—		
9	—	—	Улучшение электропроводности и повышение способности к пайке	Хорошо паяется только в свежееосажденном состоянии
24	—	—		
1	—	—	Повышение способности к пайке	Хорошо паяется только в свежееосажденном состоянии
1—2	—	—	То же с одновременной защитой от коррозии	Характеризуется хорошей паяемостью и меньшей окисляемостью по сравнению с серебром, осаждаемым электролитически

ные покрытия

—	—	—	Защита от коррозии; повышение механической прочности изделий	В зависимости от технологии нанесения получают четыре вида окисных покрытий: защитно-декоративное, износостойкое, электроизоляционное и
---	---	---	--	---

Покрытие	Цвет	Температура плавления, °С	Твердость, МПа	Электрическое сопротивление, мкОм·см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
	От темно-серого до черного	—	2800— 4400	—	Алюмини- ий и его де- форми- руемые сплавы	л, с, ж ож
	От серого до черного	—	—	—	—	с, ж
	От светло-серого до темно-серого	—	4000— 6500 (изно- со- стой- кое) 1500— 2000 (деко- ратив- ное)	—		л, с

Химические неметал

Окисное	Черный От темно-синего до черно-бурого	—	—	—	Сталь Медь	л
---------	--	---	---	---	---------------	---

Продолжение табл. 1

Толщина, мкм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
35—60	—	—		эмалевое; защитно-декоративное покрытие характеризуется прочным сцеплением с основным металлом и хорошими защитными свойствами; окрашивается органическими красителями в различные цвета, является грунтом для лакокрасочных покрытий; износостойкое покрытие характеризуется высокими твердостью и стойкостью к истиранию, особенно при пропитке смазочными маслами; электроизоляционное покрытие представляет собой пленку сложного состава; пробивное напряжение покрытия составляет 300 — 600 В; электрическая прочность его увеличивается при пропитке маслами; эмалевое покрытие может быть износостойким и декоративным
40—90	—	—	Придание поверхности электроизоляционных свойств	
10—14 (износостойкое)	—	—	Повышение механической прочности изделий	
5—7 (декоративное)	—	—		

лические покрытия

—	—	—	Декоративная отделка и защита от коррозии	Защитные свойства покрытия повышаются при обработке нейтральными маслами, лаками, гидрофобизирующими жидкостями; подвержено быстрому истиранию
---	---	---	---	--

Покрытие	Цвет	Температура плавения, °С	Твердость, мкм	Электрическое сопротивление, мкОм · см	Материал изде- лия	Условия эксплу- атации
Окисно- фосфатное	Голубовато-зеле- ный	—	—	—	Алюми- ний и его сплавы	л
Хроматно- фторидное	От золотисто- желтого до ко- ричневого	—	—	—	То же	л
Пассивное	Цвет металла	—	—	—	Леги- рован- ные стали Медь и ее сплавы	с ж л, с ж
Фосфатное	Серо-черный	—	—	—	Сталь	л

Продолжение табл. 1

Толщина, мкм	Подслой		Назначение	Примечание
	Материал	Толщина, мкм		
—	—	—	Декоративная отделка и защита от коррозии	Является хорошим грунтом под лакокрасочные покрытия
—	—	—	То же	Проводит ток и является хорошей основой для лакокрасочного покрытия, но механически не прочно и поэтому не наносится на детали, работающие на трение
—	—	—	»	Повышает коррозионную стойкость металла в тех случаях, когда другие покрытия недопустимы; для улучшения защитных свойств покрытия используется дополнительная пропитка маслами или наносится лакокрасочный слой
—	—	—	Защита от коррозии, придание специальных свойств	Представляет собой пленку из нерастворимых солей марганца, железа, цинка; обладает высокой адсорбционной способностью, вследствие чего является хорошим грунтом под лакокрасочное покрытие; может применяться для уменьшения износа деталей, работающих на трение, так как хорошо удерживает смазку; защитные свойства повышаются при дополнительной обработке маслами, лаками, эмалями

Среда	Содержание коррозионно-активных агентов, мг/(м ² ·сут)		Условия размещения изделий	Группы условий эксплуатации покрытий в районе			
	Сернистый газ	Хлористые соли		с умеренным климатом	с холодным климатом	с тропическим климатом	с сухим влажным
Атмосфера сельской, лесной и горной местности	4	0,3	На открытом воздухе Под навесом В закрытом помещении: без регулирования климатических условий с регулированием климатических условий	с	с	с	ж
Атмосфера промышленного объекта	200	2	На открытом воздухе Под навесом В закрытом помещении: без регулирования климатических условий с регулированием климатических условий	ж	ж	с	ож
Морская среда	20	200	На открытом воздухе Под навесом В закрытом помещении: без регулирования климатических условий с регулированием климатических условий	ож	ж	—	ож
				ож	ж	—	ож
				ж	ж	—	ж
				с	с	—	с

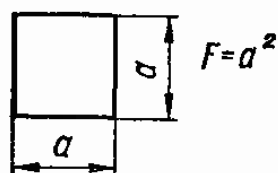
ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ В ГАЛЬВАНОТЕХНИКЕ

РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ПОКРЫВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ

При вычислении площади изделия сложной конфигурации его поверхность необходимо разбить на простейшие геометрические фигуры (табл. 3), подсчитать и просуммировать площади этих фигур.

3. К расчету площади покрываемых изделия

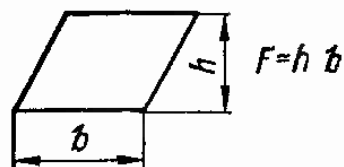
Квадрат



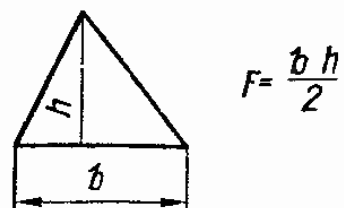
Прямоугольник



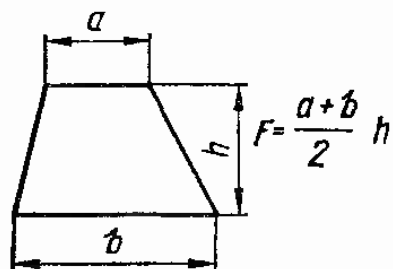
Параллелограмм



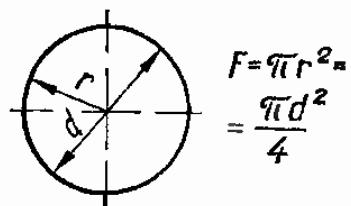
Треугольник



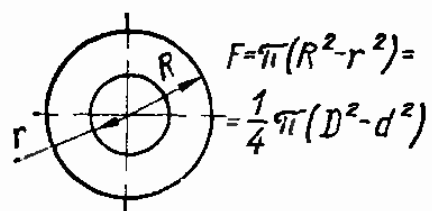
Трапеция



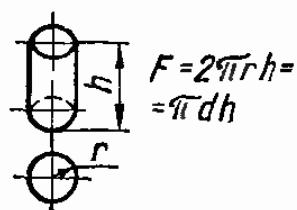
Круг



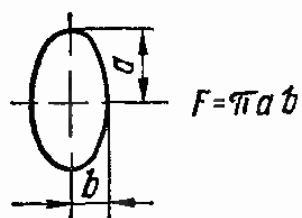
Кольцо



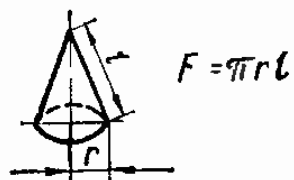
Цилиндр



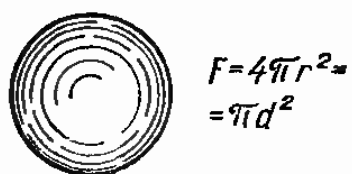
Эллипс



Конус



Шар



Площадь поверхности изделия из листового материала можно определить по формуле

$$S = 23m/H\gamma;$$

из проволоки

$$S = 40m/\gamma D;$$

из ленты

$$S = 20m(a + b)/ab\gamma,$$

где m — масса изделия, г; H — его толщина, мм; γ — плотность материала изделия, г/см³ (табл. 4); a , b — толщина и ширина ленты соответственно, мм; D — диаметр проволоки, мм.

4. Плотность металлов

Металл	Плотность, г/см ³	Металл	Плотность, г/см ³	Металл	Плотность, г/см ³
Алюминий	2,70	Кобальт	8,83	Родий	12,44
Бериллий	1,82	Магний	1,74	Рутений	12,30
Ванадий	5,90	Марганец	7,30	Свинец	11,34
Висмут	9,87	Медь	8,93	Серебро	10,50
Вольфрам	19,30	Молибден	10,20	Сурьма	6,67
Железо	7,86	Никель	8,90	Тантал	16,60
Золото	19,30	Олово	7,28	Титан	4,50
Индий	7,31	Палладий	12,00	Хром	6,92
Иридий	22,60	Платина	21,45	Цинк	7,13
Кадмий	8,64	Рений	20,90		

Количество осаждаемого на катоде металла

$$m = cSt\eta/100;$$

количество металла, подлежащего осаждению при заданной толщине покрытия,

$$m = 10S\delta\gamma;$$

продолжительность осаждения

$$t = \gamma 1000 \cdot 60\delta/D_K c\eta;$$

толщина слоя покрытия

$$\delta = D_K c\eta t/1000 \cdot 60\gamma.$$

В этих формулах D_K — плотность тока на катоде, А/дм²; η — выход по току, %; c — электрохимический эквивалент, г/(А · ч), S — площадь катода, дм².

РАСЧЕТ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ

В составах электролитов содержание соли чаще всего даётся в пересчете на металл. Для определения количества соли, необходимого для приготовления электролита, нужно заданное количество металла в граммах умножить на коэффициент, представляющий собой частное от деления относительной молекулярной массы соли на относительную атомную массу металла. При пересчете соли на металл коэффициент перевода представляет собой частное от деления относительной атомной массы металла на относительную молекулярную массу соли.

Для приготовления растворов часто требуется изменять концентрацию кислот и щелочей. Количество воды, кислоты или щелочи, которое нужно прибавлять к раствору, вычисляют, пользуясь таблицами плотности кислот и щелочей (табл. 5, 6).

5. Плотности кислот различной концентрации при температуре 20 °С, г/см³

Кон- цент- рация, %	Азотная	Серная	Соляная	Фосфор- ная	Уксус- ная
1	1,004	1,005	1,003	1,004	0,999
2	—	—	1,008	—	—
4	—	—	1,018	—	—
5	1,025	1,032	—	1,025	1,005
6	—	—	1,028	—	—
8	—	—	1,038	—	—
10	1,054	1,066	1,047	1,053	1,012
12	—	—	1,057	—	—
14	—	—	1,068	—	—
15	1,084	1,102	—	1,082	—
16	—	—	1,078	—	—
18	—	—	1,088	—	—
20	1,115	1,139	1,098	1,113	1,026
22	—	—	1,108	—	—
24	—	—	1,119	—	—
25	1,147	1,178	—	1,146	1,032
26	—	—	1,129	—	—
28	—	—	1,139	—	—
30	1,180	1,219	1,149	1,180	1,038
32	—	—	1,159	—	—
34	—	—	1,169	—	—
35	1,214	1,260	—	1,216	1,044
36	—	—	1,179	—	—
38	—	—	1,189	—	—
40	1,246	1,303	1,198	1,254	1,049

Продолжение табл. 5

Кон- цент- рация, %	Азотная	Серная	Соляная	Фосфор- ная	Уксус- ная
45	1,278	1,348	—	1,293	1,053
50	1,310	1,395	—	1,335	1,057
55	1,339	1,445	—	1,379	1,061
60	1,367	1,498	—	1,426	1,064
65	1,391	1,553	—	1,475	1,066
70	1,413	1,611	—	1,526	1,068
75	1,434	1,669	—	1,579	1,069
80	1,452	1,727	—	1,633	1,070
85	1,469	1,779	—	1,689	1,069
90	1,483	1,814	—	1,746	1,066
95	1,493	1,833	—	1,819	1,060
100	1,513	1,830	—	1,870	1,050

6. Плотности щелочной различной концентрации при температуре 20 °С, г/см³

Кон- центра- ция, %	Едкий натр	Едкий калий	Кон- центра- ция, %	Едкий натр	Едкий калий
1	1,011	1,008	27	1,299	1,259
3	1,033	1,027	30	1,331	1,290
8	1,089	1,073	32	1,352	1,312
9	1,000	1,082	35	1,383	1,344
10	1,111	1,092	37	1,404	1,366
12	1,133	1,111	40	1,434	1,399
15	1,166	1,140	42	1,453	1,421
18	1,200	1,169	44	1,473	1,444
20	1,222	1,188	46	1,492	1,467
22	1,244	1,208	48	1,511	1,491
25	1,277	1,239	50	1,530	1,514

При разбавлении кислот для облегчения расчетов удобно пользоваться правилом разведения, которое состоит в том, что количество частей добавляемой воды равно частному от деления высшего процентного содержания кислоты на низшее минус единица, и правилом смешения (методом креста):

$$\begin{array}{ccc}
 C_2 & \swarrow & a_2 \\
 & C & \\
 C_1 & \searrow & a_1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 a_1 = C_1 - C; \\
 a_2 = C - C_2,
 \end{array}$$

где C — заданная концентрация смеси; C_1 и a_1 — соответственно концентрация и количество единиц массы раствора более высокой концентрации; C_2 , a_2 — концентрация и количество единиц массы раствора более низкой концентрации или чистого растворителя.

При переходе на объемы v необходимо учитывать удельную массу раствора d , т. е. вместо a брать dv .

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ГАЛЬВАНОТЕХНИКЕ

АНОДЫ

При эксплуатации анодов необходимо придерживаться следующих правил. Перед использованием анодов в первый раз их следует протравить. Медные и никелевые аноды травятся в азотной кислоте, цинковые — в соляной, оловянные — в щелочи. Крюки для навески анодов на анодные штанги должны быть выше уровня электролита. Аноды следует хранить в чехлах из тканей, стойких к действию электролитов, для предотвращения засорения их анодным шламом. Для чехлов используются бязь (ГОСТ 11680—76), капроновая ткань (ГОСТ 18436—73), ткань фильтровальная хлориновая (ГОСТ 20714—75) и др. После окончания работы аноды следует удалять из ванны, расчехлять и чистить до металлического блеска стальными щетками. Свинцовые аноды можно очищать химическим способом в растворе, содержащем 80—120 г/л едкого натра и 80—100 г/л сегнетовой соли, при комнатной температуре в течение 1—2 ч.

Распределение анодов по штангам должно обеспечивать равномерность покрытий деталей со всех сторон. Глубина погружения анодов должна соответствовать глубине погружения подвесок с деталями. Для более полного использования материала анода его остатки помещают в плоскую рамку из металла, не растворимого в электролите. В щелочных и цианистых электролитах применяются анодные рамки из нержавеющей стали, в кислых электролитах — из титана. Аноды, применяемые при электрохимических процессах, приведены ниже.

Процесс	Аноды
Меднение	Медные М0, М1, М2 (ГОСТ 767—70)
Никелирование	Никелевые НПА1, НПА2 (ГОСТ 2132—75)

Хромирование	Свинцовые (ГОСТ 3778—77); из сплавов свинец — сурьма (ГОСТ 1292—81)
Цинкование	Цинковые Ц0, Ц1, Ц2 (ГОСТ 1180—71)
Кадмирование	Кадмиевые (ГОСТ 1468—71)
Лужение	Оловянные (ГОСТ 860—75)
Осаждение сплавов:	
олово — висмут	Оловянные
олово — никель	Сплав олово — никель (70 *)
олово — свинец	» олово — свинец (60)
олово — цинк	» олово — цинк (80)
Серебрение	Серебряные Ср999,9 (ГОСТ 51214—74)
Осаждение сплава сереб- ро — сурьма	То же
Золочение	Золотые Зл999,9 (ГОСТ 6837— 54)
	Из стали 12Х18Н9Т (ГОСТ 5632—72) и платинированного титана
Палладирование	Палладиевые, из платиниро- ванного титана
Оксидирование алюминия	Из стали 12Х18Н9Т и свинца
Электрополирование:	
алюминия	Из стали 12Х18Н9Т и алюминия
стали	Из стали 12Х18Н9Т и свинца
Электрохимическое обез- жиривание	Никелевые НПА1, НПА2
Железнение	Из низкоуглеродистой стали
Родирование	Родиевые из платинирован- ного титана и графита спек- тральной чистоты

* В скобках указывается процентное содержание пер-
вого металла в сплаве.

ХИМИКАТЫ

В гальванотехнике применяется большое количество различных химикатов (кислоты, щелочи, окислы, соли, органические соединения). Для обезжиривания используются органические растворители (трихлорэтилен, четыреххлористый углерод и др.), щелочи, углекислый натрий, тринатрийфосфат, смачивающие добавки (синтанол ДС-10, жидкое стекло), моющие вещества (ТМС-31 и др.); для травления — серная, азотная, соляная и другие кислоты, различные ингибиторы; для нанесения покрытий — соли или окислы того металла, которым покрывается изделие (серноокислый никель, окись хрома, двуххлористое олово и др.). Для повышения электропроводности электролитов в них добавляют нейтральные хорошо растворимые соли, например серноокислый натрий, серноокислый маг-

ний. Для регулировки pH добавляются соли, кислоты, щелочи в зависимости от применяемого электролита. Некоторые соединения вводятся в ванну для образования комплексов (цианистый калий или натрий, железистосинеродистый калий и др.) и повышения качества осадка. Для уменьшения внутренних напряжений, улучшения структуры осадка, придания блеска и т. д. применяются самые различные органические добавки (1,4-бутиндиол, хлорамин Б, нафталинсульфокислота и др.). Различные химикаты используются для окончательной обработки покрытий: пассивирования, пропитки и т. д. (Список химикатов, применяемых в гальванотехнике, приведен в приложении).

ОРГАНИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ

В гальванотехнике при подготовке поверхности к покрытию, в основном для снятия следов краски, консервационной смазки, клеймения красителями и в тех случаях, когда обработка в щелочах недопустима, применяются различные органические растворители.

<i>Растворитель</i>	<i>Назначение</i>
Четыреххлористый углерод	Для обезжиривания
Стабилизированный технический трихлорэтилен (ГОСТ 9976—70)	Для обезжиривания в закрытых моечных установках
Трифтортрихлорэтан (фреон-113) ТУ6-02-6011—70	То же
Керосин (ГОСТ 4753—68)	Для предварительного удаления масел и смазок
Авиационный бензин Б-70 (ГОСТ 1012—72)	Для чистового обезжиривания
Бензин-растворитель «Калоша» (ГОСТ 443—76)	То же
Ректифицированный этиловый спирт (ГОСТ 5962—67)	»
Бензин-растворитель уайт-спирит (ГОСТ 3134—78)	Для растворения лаков и красок
Технический ацетон (ГОСТ 2603—79)	То же
Разбавитель 645 (ГОСТ 18188—72)	»
Растворитель 646 (ГОСТ 18188—72)	»
Растворитель Р-4 (ГОСТ 7827—74)	»
Ксилол (ГОСТ 9410—78)	»
Скипидар (ГОСТ 1571—82)	Для разбавления лаков и эмалей
Каменноугольный сольвент (ГОСТ 1928—79)	То же

Примечание. Все растворители горючие, легко воспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), за исключением хлорированных углеводородов и фреона-113.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Материалы для изоляции поверхности, не подлежащей покрытию, надо выбирать с учетом их стойкости к применяемым электролитам и температурным режимам. Такие материалы следует наносить на предварительно обезжиренные детали. Изолирующие вещества представляют собой мастики или лаки и краски. В зависимости от этого они делятся на мастичные и пленочные (табл. 7). Кроме того, изолируемая поверхность может покрываться специальными стойкими накладками.

7. Материалы для изоляции поверхностей, не подлежащих покрытию

Материал	Среда	Температура среды, °C	Условия нанесения	Способ удаления
М а с т и ч н ы е				
Натуральный воск — 37,5—65 % Парафин — 12,5—25 % Канифоль — 50—10 % Натуральный воск — 50—70 % Канифоль — 30—50 % Канифоль — 33,3 % Церезин — 30 % Парафин — 36,7 %	Кислые и щелочные электролиты	35	Наносить в 1—2 слоя кистью, шпателем или окутанием при температуре состава 80—90 °C. Сушить на воздухе	Основная часть мастики снимается в кипящей воде, остатки — в растворе ТМС-31 (50—80 г/л) при температуре 70—80 °C в течение 1—2 мин
П л е н о ч н ы е				
Грунт ХСГ-26 Эмали ПХВ-1, ПХВ-29, ХСЭ-23, ХСЭ-26 Лаки ХСЛ — ХВЛ-21, растворитель РМ	Кислые и слабощелочные электролиты	35	Наносить в 3—4 слоя пульверизатором или окутанием с промежуточной сушкой каждого слоя в течение 10—20 мин при температуре 45—55 °C	Основная часть изоляции отделяется после обработки в горячей воде, остатки изоляции снимаются в органическом растворителе

Продолжение табл. 7

Материал	Среда	Температура среды, °С	Условия нанесения	Способ удаления
Лак АК-113ф, растворитель 647 Клей БФ-4, растворитель—этиловый спирт	Щелочные электролиты и органические растворители	80	Окончательная сушка при комнатной температуре от 1 до 3 ч, в зависимости от материала	Основная часть изоляции отделяется после обработки в горячей воде, остатки изоляции снимаются в органическом растворителе
Нитроклей АК-20, растворитель — РДВ или ацетон Эпоксидный лак ЭП-730, растворитель — ацетон, резиновый клей, пластироль «Диаплазоль-2А»	Кислые электролиты Цианистые электролиты	98 40	После высыхания слой изоляции должен образовывать ровную гладкую пленку без морщин, оспин, потеков	Снимается при погружении в горячую воду при температуре 80—90 °С, остатки изоляции снимаются в соответствующем растворителе
С п е ц и а л ь н ы е н а к л а д к и				
Винипласт, плексиглас, целлулоид, нержавеющая сталь, полиэтиленовые и хлорвиниловые пленки	Кислые электролиты	100	Закрываются поверхности, не подлежащие покрытию	Снимаются вручную

АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При шлифовании и полировании широко используются искусственные абразивные материалы: электрокорунд и карбид кремния. Из природных абразивов применяются наждак, корунд, каолин, маршалит, тяжелый шпат, венская известь, крокус, технический мел.

Абразивные материалы в соответствии с ГОСТ 3647—80 делятся на 4 группы по зернистости: 200—16 мкм — для обдирки и грубого шлифования; 12—8 — для шлифова-

ния второго перехода; 6—3 — для чистого шлифования; 4—М5 — для полирования.

Кроме абразивных порошков в гальванотехнике широко применяются шлифовально-полировальные пасты (табл. 8).

8. Составы шлифовально-полировальных паст

Состав пасты	Содержание частей	Область применения
Молотый пылевидный кварц	60	Среднее шлифование стали войлочным или бязевым кругом
Нефтяной парафин	30	
Олеиновая кислота	10	
Шлифпорошок 4; 5	75	Тонкое шлифование стали войлочным или фетровым кругом
Стеариновая кислота	15	
Вазелин (смазка УН)	8	
Керосин	2	
Хромовая литая	—	Полирование стали, меди, алюминия, цинка кругом из бязи (текстиля)
Шлифпорошок 4	40	Тонкое шлифование меди, алюминия, цинка войлочным или фетровым кругом
Стеариновая кислота	60	
Хромовая литая	—	Полирование меди, алюминия, цинка кругом из бязи (текстиля)
Стеариновая кислота	18	То же
Нефтяной парафин	10	
Церезин	4	
Чистящая паста «Нежная»	12	
Микropорошок М-10 или М-14	50	
Оксид алюминия	6	
Белый электрокорунд КО-7	82	Полирование нержавеющей стали, никеля, меди, алюминия кругом из бязи (текстиля)
Стеариновая кислота	14	
Олеиновая »	4	
Шлифпорошок 3; 4	60	Полирование меди, алюминия, цинка, стали кругом из бязи (текстиля)
Олеиновая кислота	10	
Парафин	30	
Венская известь	50	Полирование драгоценных металлов кругом из бязи (текстиля)
Сериокислый барий	10	
Нефтяной парафин	8	
Олеиновая кислота	5	
Стеариновая »	27	

УДЕЛЬНЫЕ НОРМЫ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ

При нанесении покрытий расходуются аноды и химикаты, составляющие электролиты.

Расход анодов

$$H_a = 1,06 S \delta \gamma,$$

где S — площадь поверхности покрытия, м^2 ; δ — толщина покрытия, мкм ; γ — плотность металла покрытия, г/см^3 ; 1,06 — коэффициент, учитывающий технологические потери материала анода.

Удельные нормы расхода растворимых анодов рассчитываются на 1 м^2 покрываемой поверхности при толщине покрытия 1 мкм (табл. 9).

9. Удельные нормы расхода анодов

Материал анода	Плотность, г/см^3	Удельная норма рас- хода, г/м^2
Медь	8,90	9,50
Никель	8,85	9,40
Олово	7,30	7,70
Цинк	7,20	7,60
Кадмий	8,64	9,20
Латунь	8,20	8,70
Сплав олово — свинец	9,30	9,80
» олово — цинк	7,20	7,72

Расход химикатов в гальванических ваннах связан с уносом электролита при выгрузке деталей, потерями при фильтрации и чистке ванн, уносом вентиляцией. Все эти факторы учитываются при расчете удельных норм расхода.

Удельные нормы расхода химикатов рассчитываются на 1 м^2 покрываемой поверхности независимо от толщины покрытия. Исключение составляют процессы хромирования и осаждения из цианистых электролитов, для которых удельные нормы расхода хромового ангидрида и цианидов вычисляются на 1 мкм толщины покрытия.

Для хромовой ванны, кроме потерь на унос, необходимо учитывать также расход хромового ангидрида вследствие выделения хрома на катоде. Удельная норма расхода

хромового ангидрида для изделий простой конфигурации рассчитывается по формуле

$$H_x = 26,5\delta + 44,$$

для изделия сложной конфигурации

$$H_x = 26,5\delta + 56.$$

Удельная норма расхода цианидов (табл. 10) при электролитическом осаждении зависит от толщины покрытия, так как включает в себя также потери, связанные с разложением под воздействием тока и воздуха.

Удельные нормы расхода химикатов при осаждении покрытий в стационарных ваннах из наиболее применяемых электролитов приведены в табл. 11.

10. Удельные нормы расхода цианистого натрия и цианистого калия, г/л

Средняя толщина покрытия, мкм	Расход цианистого натрия			Расход цианистого калия при серебрении *
	при цинковании	при кадмировании	при меднении (с подогревом)	
1	16,2	19,8	16,3	16,1
3	24,5	27,8	25,3	27,1
6	36,8	39,8	38,7	49,3
9	49,2	51,9	52,1	60,4
12	61,5	63,9	65,4	77,0
15	73,9	76,0	78,8	93,9
18	85,8	88,0	92,2	110,5
21	98,6	112,6	102,0	127,2
24	110,5	125,0	118,6	—
30	140,1	153,0	145,6	—

* При толщине покрытия 1—3 мкм расход цианистого калия на предварительное серебрение составляет 20,7—29,6 г/л

11. Удельные нормы расхода химикатов

Операция	Материал	Удельные нормы расхода, г/м ²
Очистка	Трихлорэтан	100—150
	Фреон-113	100—150
	Препараты МЛ-51, МЛ-52	20—30
	Моющее средство ТМС-31	30—50

Продолжение табл. 11

Операция	Материал	Удельные нормы расхода, г/м ²
Обезжиривание	Едкий натр	7,5—11,0
	Тринатрийфосфат	20—30
	Жидкое натриевое стекло	2,0—3,0
	Препарат ОС-20	2,0—3,0
	Кальцинированная сода	50—72
	Сульфол	1,1—1,5
Травление: стали	Соляная кислота	380—480
	Серная кислота	120—170
	Катапин К-И-1	3—5
нержавеющей стали	Азотная кислота	150—200
	Фтористый натрий	15—25
	Хлористый натрий	15—25
меди и ее спла- вов	Азотная кислота (плотность 1,40)	500—650
	Серная кислота (плотность 1,84)	700—900
	Хлористый натрий	6—8
	Едкий натрий	52—75
Осветление после травления алюми- ния	Азотная кислота (плотность 1,40)	140—200
	Серная кислота	4—6
	Хромовый ангидрид	45—50
	Азотная кислота (плотность 1,40)	560—800
	Фтористо-водородная кислота	200—300
	Цианистая медь	10—18
Меднение	Цианистый натрий	см. табл. 10
	Едкий натр (свободный)	2,7—3,8
	Виннокислый калий — натрий	10—18
	Медный купорос	40—57
	Серная кислота	11,0—15,6
	Борфтористая медь	42—60
	Борфтористоводородная кис- лота	2,5—3,5
	Борная (свободная) кислота	7,0—10,0
	Сернокислый никель	41—60
	Сернокислый магний	10—14
Электрохимиче- ское никелирова- ние	Сернокислый натрий	10,8—15,6
	Борная кислота	6,2—10,0
	Хлористый натрий	1,6—2,4

Операция	Материал	Удельные нормы расхода, г/м ²
Электрохимическое никелирование	Сериокислый никель	70—100
	Хлористый натрий	3—5
	Фтористый натрий	0,5—1,0
	Борная кислота	7,5—11,0
	Бутиндол-1,4	0,2—0,3
	40 %-ный формалин	0,03—0,05
	Хлорамин Б	0,5—1,0
Покрытие сплавом серебро — сурьма	Азотинокислосое серебро	—
	Цианистый калий	См. табл. 10
	Углекислый калий	3—4
	Сурьмяновиннокислый калий (в пересчете на сурьму)	1,0—1,5
	Виннокислый калий — натрий	8—11
	Едкое кали	0,8—1,0
Палладирование	Хлористый палладий	—
	Хлористый аммоний	2,5—3,5
	Водный аммиак (свободный)	1—3
	Малеиновый ангидрид	0,03—0,8
	Хлористый палладий	—
	Фосфоринокислый двухзамещенный натрий	16—22
	Фосфоринокислый двухзамещенный аммоний	8—10
	Бензойная кислота	0,4—0,5
	Бензойная кислота	0,4—0,5
Родирование	Хлористый родий	—
	Серная кислота	10—15
Фосфатирование	Препарат «Мажеф»	60—86
	Азотнокислый цинк	60—86
	Фтористый натрий	3,5—5,0
	Азотнокислый цинк	39—56,5
	Фосфоринокислый однозамещенный цинк	24,6—38,0
	Ортофосфорная кислота	9,2—13,0
	Окись цинка	4,0—5,7
	Едкий натр	14—20
	Цианистый натрий	См. табл. 10
Цинкование	Сернистый натрий	4,5—6,6
	Глицерин	0,4—5,0
	Окись цинка	6,5—10,0
	Хлористый аммоний	40—50
	Уротропин	6,5—10,0
	Мездровый клей	1—2
	Водный аммиак	20—25
	Водный аммиак	20—25

Продолжение табл. 11

Операция	Материал	Удельные нормы расхода, г/м ²
Кадмирование	Оксид кадмия	6,0—8,6
	Едкий натр	4—5
	Цианистый натрий	См. табл. 10
	Серноокислый натрий	7—9
	Серноокислый никель	0,2—0,3
	Серноокислый кадмий	6,5—10,0
	Серноокислый аммоний	40—50
	Диспергатор НФ	10—20
	Уротропин	2—3
	Вспомогательное вещество ОП-10	0,1—0,2
Химическое никелирование	Серноокислый никель	100
	Гипофосфит натрия	125
	Уксуснокислый натрий	50
	Тисмочевина	0,015
	Хромовый ангидрид	Устанавливается по расчету
	Серная кислота	0,4—0,5
Электролитическое оловянирование	Препарат «Хромин»	0,05—0,1
	Оловянноокислый натрий	11—15
	Уксуснокислый натрий	3,1—5,0
	Едкий натр	25,0—36,0
	Перекись водорода (пергидроль)	7,0—10,0
	Двухвалентное сернокислое олово	7—9
	Серная кислота	10—13
	Серноокислый натрий	6—8
	Препарат ОС-20	1,0—2,5
	Двухвалентное сернокислое олово	10—14
Покрывание сплавом олово — висмут	Серная кислота	21—30
	Серноокислый висмут	0,21—0,4
	Хлористый натрий	0,1—0,14
	Препарат ОС-20 марки В	2—3
	Дидиазоаргентат калия	—
Серебрение	Калий:	—
	роданистый	30—40
	углекислый	5—8
Золочение	Дидиазоурат калия	—
	Лимонная кислота	10—15

Продолжение табл. 11

Операция	Материал	Удельные нормы расхода, г/м ²
Оксидирование:		
стали	Едкий натр	290—400
	Азотнокислый натрий	80—100
	Фосфоринокислый натрий	40—60
меди и ее сплавов	Надсернокислый калий	6,0—8,6
	Едкий натр	10,0—29,0
Хроматно-фторидное оксидирование	Фтористый кислый аммоний	2,3—3,3
	Хромовый ангидрид	7,5—10,8
	Железосинеродистый калий	1,1—1,6
Анодное оксидирование алюминия	Серная кислота	76—109
	Серная кислота	70—109
	Щавелевая кислота	5—8
Эматалирование	Щавелевокислый калий — титан	24,5—35,0
	Кислота:	
	лимонная	0,69—1,0
	борная	5,4—7,8
	щавелевая	1,2—1,7
Освещение цинкового и кадмиевого покрытий	Хромовый ангидрид	35—70
	Азотная кислота	26—37
	Серная кислота	2—3
Пассивирование:		
цинкового и кадмиевого покрытий	Хромовый ангидрид	70—100
	Азотная кислота	50—75
	Серная кислота	14—21
легированных сталей	Азотная кислота	270—390

При расчете норм расхода материалов на покрытие мелких деталей в колоколах и барабанах удельные нормы расхода следует увеличить в 1,5—2 раза. Нормы расхода химикатов при работе на автоматических линиях устанавливаются опытным путем. Удельные нормы расхода драгоценных металлов даны в соответствующей инструкции, утвержденной Госпланом СССР. Расход вспомогательных материалов (фланель, марля, сукно, бязь, вата и т. д.) устанавливается в зависимости от специфики производства.

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЯ

ТРЕБОВАНИЯ К ДЕТАЛЯМ, ПОСТУПАЮЩИМ НА ПОКРЫТИЕ

Внешний вид покрываемых деталей контролируется визуально с использованием в отдельных случаях эталонов сравнения. Шероховатость поверхности деталей согласно ГОСТ 2789—73 должна соответствовать параметру $Rz \geq 40$ мкм.

После механической обработки на деталях не должно быть видимого слоя смазки, эмульсии, металлической стружки и пыли. На поверхности деталей из горячекатаного металла, литых, кованных и галтованных деталей не должно быть ржавчины, окалины, заусенцев: на поверхности шлифованных и полированных деталей — забоин, вмятин, трещин. Острые углы и кромки деталей должны быть скруглены или иметь фаски, за исключением технически обоснованных случаев. Сварные и паяные швы должны быть непрерывными, защищенными и не иметь дефектов.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Детали, поступающие в гальванический цех для нанесения покрытий, почти всегда имеют поверхностные дефекты в виде рисок, царапин, заусенцев, облоя и т. д. Эти дефекты ухудшают внешний вид изделий и снижают коррозионную стойкость покрытий. Для устранения поверхностных дефектов и получения гладкой, ровной поверхности перед нанесением гальванических покрытий изделия подвергают шлифованию и полированию. Для этого применяют шлифовочные станки, снабженные шлифовальными или полировальными кругами или шлифовальными лентами.

Шлифование. В зависимости от состояния поверхности шлифование делится на несколько операций, для которых применяются круги с различными по величине шлифовальными зернами. Величина зерна постепенно уменьшается от первой операции к последней (от 12 до 4 по ГОСТ 3647—80). Наждачные порошки наклеиваются на круги столярным клеем или жидким стеклом.

Полирование. Его используют как для придания красивого внешнего вида шлифованным деталям, так и для

глянцевания химических покрытий. При шлифовально-полировальной обработке применяются пасты (см. табл. 8), состав которых подбирается с учетом свойств обрабатываемого металла, назначения, операции и шероховатости поверхности.

Шлифовать и полировать детали можно в барабанах с абразивом и наполнителями в сухом виде (сухое галтование) либо в жидкой среде (подводное галтование). Шлифующую среду подбирают в зависимости от вида материала и класса шероховатости.

При сухом галтовании применяются бой абразивных кругов (для шлифования), бой фарфора, стальные шарики (для полирования) и пр. При подводном галтовании эти же наполнители загружаются в раствор, содержащий 2—3 г/л хозяйственного мыла. Обработке подвергаются толстостенные детали простой конфигурации.

Несмотря на значительно меньшую трудоемкость по сравнению с трудоемкостью при шлифовании кругами, обработка деталей в барабане ограничена их конфигурацией и низким качеством получаемой поверхности.

Обработка сжатым воздухом с абразивным материалом. В качестве абразивного материала используются стальная дробь, наждачный порошок, карборунд различной зернистости. Обработка сухим кварцевым песком запрещается из-за его вредности. Абразивная обработка сжатым воздухом используется для очистки изделий, покрытых толстым слоем окалины, ржавчины. Обработанные детали имеют матовый серый цвет и однородную по шероховатости поверхность. Для получения декоративной полуматовой (сатинированной) поверхности полированные детали обрабатываются электрокорундом № 12.

Кварцевание. Этот процесс представляет собой очистку поверхности изделий металлическими щетками для удаления травильного шлама, окислов, а также для нанесения гальванических покрытий. Для твердых металлов применяются щетки из стали, для мягких — из тонкой латунной проволоки. Частота вращения щеток — 1500—2000 об/мин.

ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

Обезжиривание в органических растворителях. В настоящее время широко применяются негорючие растворители — трихлорэтилен, тетрахлорэтилен и другие хлорированные углеводороды — фреон-113, фреон-30. Однако

12. Растворы для химического обезжиривания

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Продолжительность обработки, мин	Применение
Препарат МЛ-51 или МЛ-52	15—35	70—80	1—5	Для удаления смазочно-охлаждающих жидкостей
Препарат ТМС-31 или ТМС-70	60—80	70—80	5—10	Для снятия шлифовально-полировальных паст
Моющее средство «Лабомид», «Деталин» или «Импультс»	20—30	60—80	3—20	Для удаления масел, смазок и других жировых загрязнений
Синтанол ДС-10 Кальцинированная сода Тринатрийфосфат Едкий натр	3—5 15—35 15—35 5—15	60—80	3—10	Для обезжиривания сталей
Синтанол ДС-10 Тринатрийфосфат Едкий натр	3—5 15—35 15—35	60—80	5—20	Для обезжиривания всех металлов, кроме полированного алюминия
Жидкое стекло Тринатрийфосфат Едкий натр	25—40 20—50 8—12	40—70	3—10	Для обезжиривания алюминия и его сплавов

трихлорэтилен не рекомендуется применять для деталей из титана, алюминиевых сплавов, медных сплавов и с серебряными покрытиями. Тетрахлорэтилен не рекомендуется применять для деталей из титановых сплавов. Не допускается обезжиривание деталей, смоченных водой.

Обезжиривание происходит в специальных закрытых аппаратах сначала в нагретом растворителе, а затем в паровой фазе.

Химическое обезжиривание. Обработка в органических растворителях не обеспечивает полного удаления загрязнений. Кроме того, не всегда есть условия (оборудование, помещение, материалы) для ее проведения. Поэтому применяется химическое обезжиривание в щелочных растворах (табл. 12), которые превращают органические жиры в мыла, легко смываемые водой. Для очистки от минеральных масел в растворы добавляют эмульгаторы.

Электрохимическое обезжиривание. Удаление остатков различных загрязнений более эффективно при электрохимическом процессе. При пропускании тока ионы водорода разряжаются на деталях, подвешенных на катоде, механически сбивают с них частицы жира, перемешивают электролит. Кроме того, вокруг деталей накапливается щелочь. Все это значительно ускоряет процесс обезжиривания.

Детали из цветных и легких металлов обезжиривают на катоде. Стальные детали тоже обезжиривают на катоде, но при этом происходит сильное наводороживание, повышающее хрупкость металла. Во избежание этого тонкостенные детали и пружины обезжиривают на аноде или сначала на катоде, а затем на аноде.

Составы растворов для обезжиривания приведены в табл. 13.

13. Растворы для электрохимического обезжиривания

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Плотность тока, А/дм ²	Продолжи- тельность обработки, мин		Материал изде- лия
				на ка- тоде	на ано- де	
1 Едкий натр	20—40	60—80	2—10	3—10	1—3	Сталь
Тринатрийфосфат	20—40					
Кальцинированная сода	20—40					

Продолжение табл. 13

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Плотность тока, А/дм ²	Продолжи- тельность обработки, мин		Материал изде- лия
				на ка- тоде	на ано- де	
2. Тринатрийфосфат	20—40					
Кальцинированная сода	20—40	60—80	2—10	3—10	1—3	Любой
3. Едкий натр	8—12					
Тринатрийфосфат	4—6					
Кальцинированная сода	8—12	60—70	1—2	0,5	—	Цинк и его спла- вы
Жидкое стекло	25—30					
Сульфонол НП-3	0,1— 0,3					

ТРАВЛЕНИЕ

После удаления жировых загрязнений перед нанесением покрытия с поверхности изделий необходимо также удалить окалину, ржавчину, окислы. Для этого изделия подвергают травлению.

Выбор травильных растворов и режима обработки зависит от вида металла, характера и толщины пленок окисных соединений, а также от предшествующей и последующей обработки изделий.

Травление стали и чугуна. Для травления черных металлов применяют растворы серной или соляной кислоты, иногда — смесь этих растворов (табл. 14).

При травлении растворяются как окислы, так и сам металл. В последнем случае выделяется водород, который диффундирует в металл, увеличивая его хрупкость.

Для предотвращения растворения основного металла в травильные растворы вводят ингибиторы (катапин, уротропин и др.).

Электрохимическое травление. Это травление производится как на катоде, так и на аноде. Скорость такого травления больше скорости химического травления в результате механического воздействия ионов кислорода и водорода, выделяющихся при прохождении тока через раствор. Преимущество этого способа состоит в сокращении времени травления и уменьшении расхода кислоты. Его недостатком является неравномерное травление профили-

14. Растворы для химического травления стали и чугуна

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Применение
1. Серная кислота Катапин	150—250 3—5	40—80	Для травления стали и чугуна
Синтаиол ДС-10 или сульфонол НП-3	3—5		
2. Серная кислота Соляная кислота	175—200 80—100	40—50	То же
Уротропин Сульфонол НП-3	40—50 3—5		
3. Соляная кислота Уротропин	150—350 40—50	15—45	Для бесшламного травления сталей
Соляная кислота Катапин	200—220 5—7		
4. Серная кислота Иодистый калий	100—200 0,8—1,0	60—90	Для травления поверхностей 1 и 2-го классов точности
Катапин	8—10		
5. Серная кислота Соляная кислота	15—20 35—40	60—70	Для травления термообработанных углеродистых сталей
6. Едкий натр Азотнокислый натрий	400—600 100—200		Для разрыхления окалины на термообработанных стальных пружинящих изделиях

Примечание. Продолжительность обработки устанавливается в зависимости от характера и толщины слоя окислов.

роваинных деталей вследствие низкой рассеивающей способности электролита. В качестве электролитов применяются растворы серной, соляной, ортофосфорной кислот и их смеси. Для защиты изделий от перетравливания в электролит добавляют соли свинца. Свинец покрывает участки, свободные от окислов, тем самым предохраняя их от перетравливания.

Травление нержавеющей сталей. Наиболее широко применяемые растворы для травления приведены в табл. 15. Термообработанные изделия травятся только после разрыхления окалины.

Снятие травильного шлама. При травлении сталей на их поверхности остается шлам, который должен быть удален перед нанесением гальванических покрытий. В табл. 16 приведены составы растворов для снятия шлама.

Травление меди и медных сплавов. Изделия из меди и ее сплавов травят обычно в растворах концентрированных кислот (табл. 17). В зависимости от концентрации раствора поверхность изделия получается матовой или блестящей.

15. Растворы для травления нержавеющей сталей

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность, мин	Применение
Едкий натр	100—600	135— 145	30— 150	Для расрыхления окалины
Азотнокислый натрий	200—250			
Марганцевокислый калий	35—50	От 80		
Едкий натр	140—250	до темпе- рату- ры ки- пения	30—90	
Фтористоводородная кислота	15—50			Для удаления ока- лины со сталей 12X18H9T
Азотная кислота	50—150	15—30	До 60	
Азотная кислота	220—240			
Фтористый натрий	20—25	15—30	До 60	
Хлористый натрий	20—25			
Соляная кислота	90—110	40—45	10—15	Для последователь- ной обработки ста- лей 20X13
Серная кислота	350—450	40—45	1—2	
Азотная кислота	70—90			
Соляная кислота	70—90			

16. Растворы для снятия травильного шлама

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность, мин	Сталь
Азотная кислота	70—80	15—30	До 0,8	Углеродистая
Серная кислота	80—100			
Серная кислота	15—30			Средне- и низколе- гированная
Хромовый ангидрид	70—120	15—30	5—10	
Хлористый натрий	3—5			
Фтористоводородная кислота	4—5			Нержавеющая
Азотная кислота	350—400	15—30	1—20	
Едкий натр *	50—100	60—80	1—3	Любая

* Для анодного снятия шлама при плотности тока 5—10 А/дм² с использованием стальных катодов.

17. Растворы для химического травления меди и ее сплавов

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Продолжи- тельность об- работки, мин	Применение
Серная кислота	500			Для блестящего травления *
Азотная »	500	15—30	До 0,17	
Соляная »	5—10			
Серная кислота	80—140	50—60		Для предварительного травления сильно окисленной поверхности
Азотнокислый натрий	100—200	135—145	20—40	Для последовательного травления с промежуточной промывкой в воде термообработанных изделий из бе- риллиевых бронз
Едкий натр	400—600			
Соляная кислота	1000	15—30	0,5—1,0	
Серная кислота	15—20	15—30	0,08—0,17	
Хромовый ангидрид	50—100			
Азотнокислый натрий (аммоний)	600—800	15—30	0,17—0,50	Для последовательного травления в автоматических линиях
Серная кислота	500	15—30	0,17—0,50	

* Целесообразно проводить двойную обработку в течение 2—5 с каждая с промежуточной промывкой в воде

18. Растворы для химического фрезерования меди (температура обработки 35—40 °С)

Состав	Содержание, г/л	Скорость травления, мкм/мин
Хлорное железо (плотность 1,32—1,40)	—	10
Хлорная медь	160—200	
Хлористый калий	250—350	40—45
Соляная кислота (плотность 1,19)	8—12	

При последовательной обработке в растворах азотнокислого натрия и серной кислоты без промежуточной промывки происходит дозированное травление. После расходования небольшого количества нитрат-ионов, принесенных с деталями, травление прекращается. Вместо серной можно применять ортофосфорную (блестящее травление) или соляную (матовое травление) кислоту. Дозированное травление используется для обработки поверхностей с шероховатостью $Rz = 40...320$ мкм. Травлением можно изготавливать мелкие детали из листовой меди и ее сплавов по рисунку, полученному с помощью фоторезиста, — так называемым химическим фрезерованием (табл. 18).

Декапирование, или активация поверхности. Для обеспечения прочного сцепления покрытия с основным металлом применяется легкое травление (химическое или электролитическое) — активация поверхности (табл. 19).

После активации детали быстро промывают в проточной воде и переносят в гальваническую ванну для нанесения покрытий.

Травление алюминия и его сплавов. Алюминий чаще всего травят в 10—15 %-ном растворе щелочи при нагревании. Литые сплавы алюминия травят в кислых растворах (табл. 20).

После травления на поверхности деталей остается темный налет, который удаляют в 40 %-ном растворе азотной кислоты или в растворе, содержащем 100 г/л хромового ангидрида и 10 мл/л серной кислоты. Для осветления литых сплавов алюминия к раствору азотной кислоты добавляют 5—10 % фтористоводородной кислоты.

Специальные виды травления алюминия. Для получения сложнопрофильрованных отверстий на трубах из алюминиевых сплавов и листовом алюминии используется химическое или электролитическое фрезерование. Оно

19. Растворы для активации поверхности

Состав	Содержание, г/л	Материал	Температура, °С	Продолжительность обработки, с	Применение
Серная или соляная кислота	50—100	Сталь	18—25	15—60	—
Соляная кислота Уротропин	50—100 40—50	Цементированная и пружинная стали	18—25	15—60	—
Цианистый калий	30—50	Медь и ее сплавы, серебро	18—25	15—60	Перед серебрением и золочением в цианистых электролитах Перед покрытием в нецианистых электролитах
Серная кислота	50—100				
Серная кислота	30—80	Цинковые сплавы	18—25	15—60	—
Соляная кислота	300—350	Никель	18—25	15—60	—
Азотная кислота	28—38				
Ледяная уксусная кислота	50—58		18—25	15—30	Перед палладированием, золочением
Соляная кислота	0,2				
Едкий натр Тринатрийфосфат Жидкое стекло	10—20 20—50 8—10	Алюминий и его сплавы	50—60	10—30	Для обработки поверхностей, соответствующих 1—3-му классам точности

20. Растворы для травления алюминия и его сплавов

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Продолжительность обработки, мин	Применение
Едкий натр *	50—150	45—80	До 1,5	Для травления алюминия и его деформируемых сплавов
Фтористоводородная кислота	120—140	18—30	До 3,0	Для травления высококремнистых сплавов алюминия
Азотная кислота	660—680			
Ортофосфорная кислота	80—100	15—30	До 10	Для травления сварных деталей с нетермизированными швами
Кремнефтористый калий	4—6			
Едкий натр	125—150	50—60	0,5—1,0	Для матирования деталей перед эматалированием и анодным окислением
Хлористый натрий	25—35			
Едкий натр	125—150			
Хлористый натрий	До насыщения	70—75	1—2	
Двухромовокислый калий	20—25			
Соляная кислота **	10—20	13—18	2—60	Для декоративного матирования — снежного травления — перед электрополировкой

* Для уменьшения уноса к раствору прибавляют 0,5 г сульфанола.

** Обработка проводится под действием переменного тока напряжением 36 В.

более экономично по сравнению с механической обработкой и заключается в следующем. Изделие обезжиривают, травят в щелочи, осветляют, сушат, затем на поверхность, не подлежащую обработке, с помощью шаблона или трафарета наносят изоляционный слой. Для этого используют смесь, состоящую из 100 частей клея 88НП и 100 частей окиси хрома, которую доводят до вязкости 15—16 с по вискозиметру ВЗ-4 (сопло 4 мм) бензином «Калоша» с этилацетатом в соотношении 1 : 2. После высыхания изоляционного слоя изделие подвергается травлению (химическому фрезерованию) в растворе, содержащем 600—650 г/л едкого натра, при температуре 70—80 °С со скоростью 75 мкм/мин. После травления изделие промывают в воде, осветляют в азотной кислоте, сушат и снимают защитное покрытие. Травление может проводиться и в кислых растворах. В этом случае защитный рисунок наносят с помощью фоторезиста.

При электрохимическом фрезеровании защитным может служить покрытие из любой кислотостойкой краски, наносимое по трафарету. Травильный раствор в этом случае состоит из 150 г/л хлористого натрия и 150 г/л азотной кислоты. Травление происходит на аноде при плотности тока 100—150 А/дм². В качестве катода используются медные пластины. После прекращения процесса катоды извлекают из ванны.

Электрохимическое фрезерование отличается более высокой точностью по сравнению с химическим.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Для обеспечения прочного сцепления электролитического покрытия с алюминием на поверхность последнего наносится промежуточный слой цинка, железа или никеля (табл. 21).

ХИМИЧЕСКОЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ

Гладкая поверхность металла может быть получена путем химического или электрохимического (анодного) полирования (табл. 22, 23). Применение этих процессов позволяет заменить механическое полирование.

При оксидировании алюминия для достижения блестящей поверхности недостаточно только механического полирования, после него необходимо химическое или элек-

21. Растворы для предварительной обработки алюминия

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Продолжительность, мин	Примечание
Оксид цинка Едкий натр	100 500	18—25	0,5—1,0	Обработка проводится в два приема: после первой обработки детали промываются в воде и осветляются в концентрированной азотной кислоте, после второй — промываются и погружаются в электролитическую ванну
Хлорное железо Соляная кислота	50 50	80—90	1	После обработки и промывки изделия покрываются гальваническим способом
Ортофосфорная кислота (плотность 1,68) Хлористый никель	1 л 40	70 50—60	0,2—0,5	Обработка проводится до получения на поверхности равномерной серой пленки, после чего изделия промываются гальваническим способом

22. Растворы для химического полирования

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Продолжительность обработки, мин	Материал
Ортофосфорная кислота	935—950			Медь и ее сплавы
Азотная кислота	280—290	15—30	1—6	
Ледяная уксусная кислота	250—260			
Ортофосфорная кислота	1300—1400	90—100	0,5—2,0	Алюминий
Азотнокислый калий	450—500			
Ортофосфорная кислота	1300—1400			
Серная кислота	200—250	100—110	2,5—4,0	
Азотная кислота	110—150			
Сернокислородное закисное железо	0,8			
Ортофосфорная кислота	1500—1600	65—75	До 0,5	Алюминий и его сплавы *
Азотная кислота	60—80			
Ортофосфорная кислота	1000	85—95	0,5	
Азотная кислота	20			Нержавеющие стали
Ортофосфорная кислота	1000	110—120	0,5	
Дистиллированная вода	100			
Серная кислота	350—430			Нержавеющие стали
Азотная кислота	35—40			
Соляная кислота	20—40	65—75	2,0—10,0	
Кислотный оранжевый краситель	20—25			

* Для получения сатинированной поверхности при последовательной обработке с промежуточной промывкой

23. Растворы для электрохимиче

Состав	Содержа- ние, г/л	Темпе- рату- ра, °С
1. Ортофосфорная кислота	500—1000	
Серная »	250—550	60—80
Хромовый ангидрид	30—80	
✓ 2. Ортофосфорная кислота	950—1050	60—80
Серная »	150—300	
3. Тринатрийфосфат	250—380	
Кальцинированная сода	180—300	80—90
Сорбид	20—50	
4. Ортофосфорная кислота	730—830	
Серная »	580—640	60—80
Триэтаноламин	4—6	
Катапин БПВ	0,5—1,0	
5. Ортофосфорная кислота	850—900	30—40
Хромовый ангидрид	100—150	

* Изделия повторно обрабатываются без промывки в таком же гока 6А/дм²

электрохимическое полирование При полировании драгоценных металлов химическим или электрохимическим способом полностью ликвидируются их потери. Электрохимическое и химическое полирование может быть не только подготовительной операцией перед нанесением гальванопокрытий, но и заключительной стадией технологического процесса. Наиболее широко оно применяется для алюминия. Электрохимическое полирование более экономично, чем химическое.

Плотность тока и длительность процесса электрополирования выбираются в зависимости от формы, размеров и материала изделий.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ВЫБОР ЭЛЕКТРОЛИТОВ И РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Качество металлического покрытия характеризуют структура осадка, его толщина и равномерность распределения на поверхности изделия. На структуру осадка оказывает влияние состав и pH раствора, водород, выделяющийся совместно с металлом, режим электролиза — тем-

ского полирования

Продолжи тельность об- работки, мин	Плотность то- ка, А/дм ²	Плот- ность раствора, г/см	Катоды	Материал
1—10	15—18	1,63—1,72	Из стали 12Х18Н9Т, свинцо- вые	Углеродистые стали
1—5	10—100	1,62	Из стали 12Х18Н9Т	Нержавеющие стали
10	4	—		Алюминий *
3—5	20—50	—	Из стали 12Х18Н9Т (алюминиевые)	Алюминий и нержавеющие стали
0,5—5,0	20—50	1,60—1,61	Из меди или свин- ца	Медь и ее сплавы

растворе в течение 10 мин при температуре 70—80 °С и плотности

температура, плотность тока, наличие качания, фильтрация и т. д.

Для улучшения структуры осадка в электролиты вводят различные органические добавки (клей, желатин, сахарин и др.), осаждают из растворов комплексные соли, повышают температуру, используют непрерывную фильтрацию и т. д. Выделяющийся водород может поглощаться осадком, способствуя увеличению хрупкости и пористости, и появлению точек так называемого питтинга. Для уменьшения влияния водорода на качество осадка детали встряхивают во время процесса, вводят окислители, повышают температуру и т. д. Пористость осадка уменьшается с увеличением его толщины.

Равномерное распределение осадка на поверхности изделия зависит от рассеивающей способности электролита. Наилучшей рассеивающей способностью обладают щелочные и цианстые электролиты, значительно меньшей — кислые, самой плохой — хромовые.

При выборе электролита необходимо учитывать конфигурацию изделий и те требования, которые к ним предъявляются. Например, при покрытии изделий простой формы можно работать с простыми по составу электро-

лнтамн, не требующими подогрева, вентиляции, фильтрации; при покрытии изделий сложной формы следует применять растворы комплексных солей металла; для покрытия внутренних и труднодоступных поверхностей — внутренние и дополнительные аноды, фильтрацию, перемешивание; для получения блестящего покрытия — электролиты со сложными блескообразующими и выравнивающими добавками и т. д.

ОБЩАЯ СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Процесс нанесения покрытий состоит из ряда последовательных операций: подготовительных, нанесения покрытий и окончательной обработки. К подготовительным операциям относятся механическая обработка деталей, обезжиривание в органических растворителях, химическое или электрохимическое обезжиривание, травление и полирование. Окончательная обработка покрытий включает в себя обезводораживание, осветление, пассивацию, пропитку, полирование, крацевание. После каждой опе-

24. Электролиты

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C
1. Окись цинка	10—18	15—30
Едкий натр	50—70	
Цианстый натрий	20—30	
Сернистый натрий	0,5—5,0	
Глицерин	0,5—1,0	
2. Окись цинка	20—45	15—30
Едкий натр	50—100	
Цианстый натрий (общий)	50—120	
Сернистый натрий	0,5—5,0	
БЦУ	6—10	
3. Сернокислый цинк	200—250	15—30
Сернокислый натрий	50—100	
Сериокислый алюминий	20—30	
Декстрин	8—10	
4. Сериокислый цинк	200—250	15—30
Сериокислый алюминий	25—30	
Декстрин	8—10	
Борная кислота	25—30	
ДЦУ	0,5—1,0	
У ₂	1,0—1,5	

рации изделия промываются в холодной проточной воде, а после обработки в щелочных растворах — последовательно в горячей и холодной воде. С целью экономии воды целесообразно применять каскадную промывку. На заключительной стадии обработки изделие последовательно промывается в холодной и горячей воде и сушится. На всех стадиях контролируется качество выполнения основных операций.

Схема технологического процесса нанесения покрытий выбирается в зависимости от покрываемого металла, его поверхности, вида покрытия, требований, предъявляемых к нему, условий эксплуатации и указывается в операционно-технологических картах.

ЦИНКОВАНИЕ

Для электролитического цинкования в настоящее время наиболее широко применяются цианистые, аммикатные, сульфатные и пирофосфатные электролиты (табл. 24).

для цинкования

Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	рН	Примечание
0,5—2,0	0,1—0,4	—	Дают мелкокристаллические осадки соответственно матовые и блестящие; обладают высокой рассеивающей способностью, ядовиты
1—3	0,2—0,6	—	
1—4	0,25—1,0	3,6—4,4	Стабильные в работе, не требуют специальной вентиляции; выход по току составляет 96—98 %; дают грубокристаллические осадки соответственно матовые и блестящие; используются для покрытия деталей простой формы
1—3	0,25—0,75	4,0—4,2	

Состав	Содержание г/л	Температура, °С
1. Окись цинка	40—60	
Хлористый аммоний	240—260	15—30
25 %-ный аммиак	100—120	
Уротропин	40—60	
Мездровый клей	2—4	
2. Сернокислый цинк	80—100	
Хлористый аммоний	160—200	15—30
Столярный клей	1—2	
3. Сернокислый цинк	80—100	
Хлористый аммоний	180—200	15—30
Борная кислота	20—25	
Добавка ДХТИ-102А	80—100	
Добавка ДХТИ-102Б	5—7	
Сернокислый цинк	50—60	
Пирофосфорнокислый натрий	180—200	50—55
Двухзамещенный фосфорнокислый аммоний	16—20	
Декстин	3—5	

Приготовление и корректирование цианистых электролитов. Расчетное количество цианистого и едкого натра растворяют отдельно в минимальном количестве воды. Окись цинка разводят в небольшом количестве воды до пастообразного состояния и постепенно при тщательном перемешивании добавляют его в раствор цианистого натрия. После растворения основной массы окиси цинка добавляют раствор едкого натра и все тщательно перемешивают. В полученный раствор после отстаивания и декантирования вводят остальные компоненты. Электролиты корректируют один раз в неделю, по данным химического анализа, на содержание основных компонентов. Содержание меди в электролите не должно превышать 1 г/л, олова — 0,05 г/л.

Возможные неполадки при цинковании в цианистых электролитах описаны в табл. 25.

Приготовление и корректирование сульфатных электролитов. Компоненты, входящие в состав электролита, кроме декстрина и блескообразующих добавок, каждый отдельно растворяют в воде, нагретой до температуры 60—70 °С, и сливают в одну емкость. Декстрин размешивают

Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Примечание
1—2	0,3—0,6	8,0—8,4	Применяется для покрытия соответственно деталей средней сложности и простых
0,8—1,5	0,15—0,30	5,8—6,5	
1—2	5,0—5,5	—	Применяются для осаждения блестящих пластичных покрытий на деталях сложной конфигурации
1—3	0,25—0,75	8,0—8,3	Устойчив, безвреден, не требует вентиляции; дает мелкозернистые плотные осадки; обладает хорошей рассеивающей способностью; применяется для покрытия рельефных деталей

в небольшом объеме холодной воды, нагревают и через фильтр добавляют в электролит. Блескообразующие добавки прибавляют в последнюю очередь. Аноды используют в хлопчатобумажных чехлах. Ванна прорабатывается с использованием стальных катодов при плотности тока 3—5 А/дм² и перемешивании сжатым воздухом. Электролит корректируют, руководствуясь результатами анализа (табл. 25).

Приготовление и корректирование аммиакатных электролитов. Хлористый аммоний растворяют в горячей воде, уротропин — в холодной. Растворы смешивают, подогревают до температуры 70—80 °С, добавляют 100 мл/л 25 %-ного аммиака и при интенсивном перемешиваниисыпают окись цинка. Клей замачивают в холодной воде на 24 ч, нагревают до температуры 60—80 °С, размешивают и полученную однородную массу выливают в отфильтрованный раствор. Приготовленный раствор прорабатывается при плотности тока 0,5—1,5 А/дм².

Электролиты корректируют не реже двух раз в месяц по данным химического анализа на содержание цинка, хлористого аммония и уротропина (табл. 25). Содержание

25. Неполадки при цинковании

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
В ц и а н и с т ы х э л е к т р о л и т а х		
Хрупкость покрытия	Наличие в электролите органических примесей	Профильтровать электролит через активированный уголь
Темный цвет покрытия	Наличие в электролите примесей тяжелых металлов (железа, свинца)	Проработать электролит и ввести в него сернистый натрий для осаждения сульфидов тяжелых металлов
Низкая рассеивающая способность электролита	Низкая концентрация цианидов и высокая концентрация цинка в электролите	Добавить в электролит цианистый натрий и снизить концентрацию цинка; проработать электролит с железными анодами
Образование белого налета на анодах и стенках ванны	Накопление в электролите карбонатов	Удалить карбонаты добавлением гидрата окиси бария
Низкий выход по току на катоде	Избыток цианидов, низкая концентрация цинка	Ввести в электролит окись цинка
Ухудшение блеска, покрытие плохо освещается в растворе азотной кислоты	Высокая плотность тока Загрязнение электролита солями меди, свинца, олова	Снизить плотность тока Осадить соли тяжелых металлов добавлением 3—4 г/л сернистого натрия
В с у л ь ф а т н ы х э л е к т р о л и т а х		
Темный густой осадок	Наличие в электролите ионов электроположительных металлов (меди, ртути, серебра, свинца)	Проработать электролит при низкой плотности тока, предварительно подкислив его до pH 2—3

Темное шелушащееся покрытие
Загрязнение электролита органиче-
скими примесями

Профильтровать электролит че-
рез активированный уголь, вве-
сти в него 2—5 г/л перекиси во-
дорода и проработать

Темные покрытия, подгар на высту-
пающих участках и кромках деталей

Низкая концентрация цинка
Высокая плотность тока
Повышенный pH

Довести концентрацию цинка до
заданной
Снизить плотность тока
Подкислить электролит серной
кислотой до pH 3.5—4.5

В а м м и а к а т ы х э л е к т р о л и т а х

Темно-серый осадок

Присутствие в электролите приме-
сей тяжелых металлов, низкое со-
держание в нем клея, желатины

Проработать электролит при низ-
ких плотностях тока, ввести клей
или желатину

Шероховатый осадок; на внутренних
поверхностях деталей покрытие от-
сутствует

Прибавить хлористый аммоний
согласно данным анализа

На кромках деталей образуются под-
гар и губчатый осадок

Высокая плотность тока, низкая тем-
пература электролита

Снизить плотность тока и повы-
сить температуру электролита

Образование осадка белого цвета на
стенках ванны и анодах

Наличие избыточных солей
цинка вследствие понижения темпе-
ратуры электролита

Повысить температуру электро-
лита и разбавить его водой

Обильное выделение газа на катоде

Недостаток цинка в электролите

Увеличить содержание цинка

Темный губчатый осадок по всей
поверхности катода

Загрязнение электролита солями
меди, свинца

Проработать электролит при низ-
ких плотностях тока

Светлый шероховатый осадок в виде
крупчатых наносов

Наличие в электролите анодного
шлама или других взвешенных
частей

Отфильтровать электролит

26. Растворы для осветления и пассивирования (температура обработки 15—30 °C)

Состав	Содержание, г/л	Продолжительность обработки, с	Применение
1. Азотная кислота	20—30	6—20	Для осветления
2. Азотная кислота	50—70		
Серная »	8—10	2—5	
Хромовый ангидрид	100—150		
Серная кислота	8—12	6—18	Для хромирования
Двухромовокислый натрий (калий)	150—200		
Серная кислота	3—5	3—5	Для одновременного осветления и хромирования в стационарной ванне
Хромовый ангидрид	80—110		Для одновременного осветления и хромирования в автоматической линии
Азотная кислота	5—7		
Двухромовокислый натрий (калий)	25—35	30—60	Для едкого пассивирования *
Сернокислый натрий	10—15		
3. Хромовый ангидрид	150—200	3—5	
Сернокислый натрий	30—45		
4. Азотная кислота	100—150		
Серная »	35—45	20—30	Применяется при повышенных требованиях к внешнему виду изделия
Хромовый ангидрид	150—200		
5. Серная кислота	3—4		
«Ликонда-1»	70—80	15—30	Для пассивирования ** блестящих покрытий
«Ликонда-1-Б»	1		

* После промывки изделие обрабатывают в растворе, содержащем 5,5—6,5 г/л тринатрийфосфата, при температуре 15—30 °C в течение 1—2 мин.

** При pH раствора, равном 1,6—2,2.

железа и меди в электролите не должно превышать соответственно 3 и 0,2 г/л.

Электролит с добавлением ДХТИ готовится следующим образом: в половине объема ванны при нагревании растворяют хлористый аммоний, в другой половине — сернистый цинк. Борная кислота растворяется отдельно и через фильтр вводится в ванну. В охлажденную ванну вводятся последовательно добавки ДХТИ-102А и ДХТИ-102Б. Последнюю рекомендуют вводить непосредственно перед началом работы. Допустимые концентрации примесей металлов составляют: железо двухвалентное — 0,5 г, трехвалентное — 0,5, медь — 0,015, никель — 0,05.

Обработка изделий после цинкования. Оцинкованные изделия осветляют и пассивируют в специальных растворах (табл. 26) для повышения их коррозионной стойкости и улучшения внешнего вида.

Оцинкованные пружины и детали, после покрытия подвергающиеся механической деформации (изгибу, развальцовке, растяжению и др.), необходимо обезводораживать на воздухе при температуре 180—200 °С в течение 2 ч. После обезводораживания цвет пассивной пленки меняется. Допускается проводить обезводораживание до осветления и пассивации. В этом случае детали после обезводораживания обрабатываются в серной кислоте (5—15 г/л) при температуре 15—30 °С в течение 3—5 мин.

КАДМИРОВАНИЕ

Наиболее распространенными электролитами для кадмирования являются цианистые, сульфатные и хлористые (табл. 27). Для приготовления цианистых электролитов предварительно в небольшом объеме теплой воды растворяют цианистый натрий (или калий). После декантации в него небольшими дозами при перемешивании вводят окись кадмия, растворенные сернистый натрий, сернистый никель и остальные добавки.

Возможные неполадки при кадмировании в цианистых электролитах перечислены в табл. 28. Обработка изделий после кадмирования аналогична обработке после цинкования (см. табл. 26).

МЕДНЕНИЕ

Для меднения применяются цианистые, сернистые, кремнефтористоводородные и другие электролиты (табл. 29).

27. Электролиты для кадмирования

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Плотность тока, А/дм ²
1. Окись кадмия	25—40		
Цианистый натрий (общий)	80—130		
Едкий натр	20—30		
Сернокислый никель	1,0—1,5		
Концентрат сульфитно-спиртовой барды или препарат ОС-20 (ОП-7, ОП-10)	3—12	15—30	0,5—2,0
Сернокислый натрий	40—60		
2. Окись кадмия	20—30		
Цианистый натрий	120—130		
Едкий натр	15—25		
Блескообразующие добавки		15—30	о 3,0
БК-1А	12—16		
БК-1Б	12—16		
3. Сернокислый кадмий	40—60		
Сернокислый аммоний	240—260		
Препарат ОС-20 (ОП-7, ОП-10)	0,7—1,2	15—30	0,5—1,5
Диспергатор НФ-Б	50—100 мл/л		
Уротропин	15—20		
4. Сернокислый кадмий	40—60		
Сернокислый аммоний	150—200	15—30	1—2
Борная кислота	20—30		
Добавка ДХТИ-203А	20—30 мл/л		
Добавка ДХТИ-203Б	5—15 мл/л		
Хлористый кадмий	40—50		
5. Мездровый клей	1—2		
Хлористый аммоний	200—280	20—40	0,8—1,2
Хлористый натрий	30—40		
Тиомочевина	7—10		

28. Неполадки при кадмировании в цианистых электролитах

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Темное, пятнистое покрытие	Присутствие в электролите свинца, олова, сурьмы или низкая концентрация цианидов и щелочи	Проработать электролит при катодной плотности тока 0,4—0,8 А/дм ² увеличить содержание цианидов и щелочи
Отслаивание, вздутие покрытия	Низкая концентрация едкого натра	Увеличить содержание едкого натра
Хрупкость, полосчатость покрытия	Присутствие органических примесей	Ввести в электролит 5—10 г/л активированного угля и периодически помешивать в

Скорость осажде- ния, мкм/мин	pH	Применение	Примечание
0,2—0,7	—	Для покрытия дета- лей сложной конфи- гурации	Дает мелкокристалли- ческий равномерный по толщине осадок матовый
0,2—0,6	—		Блестящий
0,2—0,6	1—6	Для покрытия дета- лей средней сложнос- ти и пружинных де- талей	Дает матовые пластич- ные покрытия
	2—3	Для покрытия дета- лей сложной конфи- гурации	Дает блестящие пла- стичные покрытия
0,3—0,45	4,0—4,5	Для покрытия пружин и цементируемых деталей	Дает матовые пластич- ные покрытия

Продолжение табл. 28

Характер непола- док	Причина возник- новения	Способ устранения
Значительное газовы- деление, низкий ка- тодный выход по току	Низкая концентрация кадмия или высокая концентрация циани- дов	Увеличить содержание кадмия в электролите
Почернение анодов, малая скорость рас- творения кадмия	Недостаточное содер- жание цианидов в электролите или вы- сокая анодная плот- ность тока	Увеличить содержа- ние цианидов в элект- ролите; понизить анодную плотность тока

29. Электролиты для меднения

Состав	Содержа- ние, г/л	Температура, °C	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Примечание
Цианистая медь Цианистый натрий (свободный) Едкий натр Сегнетова соль	50—70 5—10 10—15 30—60	40—50	1—3	0,3—0,9	—	Обладают высокой рассеивающей способностью, дают мелкокристаллический осадок (соответственно матовый и блестящий), ядовиты. нестойки, медленно осаждаются вследствие низкого выхода по току (около 70 %). используются для нанесения покрытий на сталь
Цианистая медь Цианистый натрий Едкий натр Роданистый аммоний Виннокислый натрий Сернокислый марганец	40—45 12—15 10—15 10—15 5—10 0,03—0,05	50—60	1,0—2,5	0,3—0,7	10,7— 12,8	
Сернокислая медь Железистосинеродистый калий Виннокислый калий—натрий	15—30 7—25 900—100	50—60	1,5—3,0	0,25— 0,5	—	Применяются для нанесения покрытий непосредственно на сталь
Сернокислая медь Серная кислота Сульфированный декстрин	150—250 50—70 0,8—1,0	25—45	1—2	0,2—0,4	—	Применяются для осаждения покрытий (соответственно матового и блестящего) на медь и сталь с подслоем никеля

Сернокислая медь	200—250					
Серная кислота	35—70					
Блескообразующая добавка Б-7211	3—5	15—30	1—3	0,2—0,6	—	
Сернокислая медь	90—110					Применяется для покрытия отверстий при
Серная кислота	150—180	15—30	3	0,6—0,7	—	металлизации ПП
Декстрин	1					
Сернокислая медь	40—45					Используются для нанесения покрытий на
Пирофосфорнокислый натрий	200—240	50—60	0,5—1,5	0,1—0,3	7,8—8,5	сталь, цинковые сплавы, алюминий и его
Азотнокислый кални	10—15					сплавы
Сернокислая медь	30—50					
Пирофосфорнокислый натрий	120—180					
Двухзамещенный фосфорнокислый натрий	60—100	45—55	1,0—1,5	0,2—0,3	7,0—8,0	
Кремнефтористоводородная медь	250—300					Для нанесения толстых слоев покрытий на медь и ее сплавы
Кремнефтористоводородная кислота	10—15	15—25	5—7	1,0—1,5	—	
Борфтористоводородная медь	200—225					
Борфтористоводородная кислота	5—20	15—30	2—6	0,4—1,2	—	
Борная (свободная) кислота	20—35					

Приготовление электролитов. Для приготовления цианистого электролита цианистую медь растворяют в цианистом натрии или калии, после чего вводят предварительно растворенные остальные компоненты. В случае отсутствия цианистой меди электролит можно приготовить из свежесажженной основной углекислой соли или соли Шевреля ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}_2\text{SO}_4$), получаемой в виде осадка при взаимодействии сернокислой меди и сернистоокислого натрия. Для получения основной углекислой меди расчетное количество сернокислой меди растворяют в теплой воде ($40-50^\circ\text{C}$) и добавляют концентрированный раствор углекислого натрия до обесцвечивания раствора. В результате выпадает осадок основной углекислой меди $\text{CuCO}_3 \cdot x \text{Cu}(\text{OH})_2$. Раствор сливают, а осадок промывают теплой водой. Затем основную углекислую медь восстанавливают с помощью сульфита натрия до Cu_2O , которую затем растворяют в цианистом калии или натрии. Основные неполадки при работе с цианистыми электролитами для меднения указаны в табл. 30.

Железистосинеродистую медь готовят на основании соли Шевреля. Свежесажженную медь промывают слабым раствором едкого кали, затем вводят в кипящий раствор железистосинеродистого калия, кипятят 40 мин, после чего вводят раствор едкого кали и продолжают кипячение 4 ч. В отфильтрованный раствор вводится сегнетова соль.

30. Основные неполадки при нанесении медных покрытий в цианистых электролитах

Характер неполадок	Причины возникновения	Способ устранения
Интенсивное выделение водорода	Низкая концентрация меди	Добавить медь в электролит
Медленное осаждение меди, аноды чистые и блестящие	Высокая катодная плотность тока	Снизить катодную плотность тока
Темно-красный цвет покрытия		
На анодах светло-серый или коричневый налет, электролит вблизи анодов имеет голубую окраску	Пониженная концентрация цианидов или высокая анодная плотность тока	Добавить цианистый натрий, зачистить аноды, уменьшить анодную плотность тока, увеличив число анодов или уменьшив загрузку и ток

Пирофосфатные электролиты готовят путем последовательного осаждения пирофосфата меди и растворения его в избытке пирофосфата натрия. При этом раствор приобретает интенсивно-синюю окраску.

ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ МЕДИ

Медь осаждают чаще всего совместно с цинком или оловом, получая при этом сплавы типа латуни или бронзы. Составы электролитов для осаждения сплавов меди приведены в табл. 31.

НИКЕЛИРОВАНИЕ

Наиболее распространенными электролитами для никелирования являются сульфатные (табл. 32).

Значительная хрупкость блестящих никелевых покрытий, их низкая коррозионная стойкость обусловила появление электролитов для нанесения нескольких слоев никеля (табл. 33).

Сущность этого процесса заключается в том, что первый основной слой наносится в электролите, дающем полублестящие ненапряженные осадки, второй слой толщиной до 3 мкм — в электролите для блестящего никелирования. В результате получают малонапряженные блестящие покрытия, характеризующиеся высокой стойкостью. Наилучшие свойства достигаются при нанесении состава, содержащего взвешенные частицы каолина («сил-никеля»).

Приготовление электролитов. Все основные компоненты — сернокислый никель, хлористый никель, хлористый натрий — растворяют отдельно в горячей воде. При составлении электролитов для блестящего никелирования используются дистиллированная или обессоленная вода. После приготовления электролит обрабатывают перманганатом калия (2 г/л при 50 °С, рН 5) и активированным углем (1—2 г/л) для удаления органических примесей. Для удаления свинца, меди, цинка проводят селективную очистку электролита при рН 2,5—3,0 и плотности тока 0,1—0,2 А/дм² на гофрированных железных анодах до получения светлых покрытий. Железо удаляют 3 %-ной перекисью водорода, затем электролит подщелачивают до рН 6 и отфильтровывают гидроокисью. Допустимые

31. Электролиты для осаждения сплавов меди

72

Состав	Содержа- ние, г/л	Темпера- тура, °С	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осажде- ния, мкм/мин	Аноды	Покрытие
1. Цианистая медь	15—22					Белая бронза
Станнат натрия	100—125					
Цианистый калий (свободный)	15—25	60—70	1,5—3,0	0,35—0,50	Из стали 12Х18Н9Т	
Едкий натр	14—16					Желтая бронза
2. Цианистая медь	27—37					
Стаинат натрия	30—35					
Цианистый калий (свободный)	20—25	60—70	1—3	0,3—0,5	Из желтой бронзы	
Едкий натр	8—10					
Цианистая медь	32—45					
Цианистый цинк	32—45					
Цианистый натрий (свободный)	15—23	60—70	1,2—1,5	0,25—0,30	Из латуни Л62	
3. Цианистая медь	15—25					
Цианистый цинк	7—11					
Цианистый натрий (свободный)	8—12	15—30	0,2—0,5	0,04—0,07	Л62	Латунь с 62 % меди
Углекислый натрий	10—30					
Сернокислый натрий	5—10					
4. Цианистая медь	35—55					
Цианистый цинк	9—15					
Цианистый натрий (свободный)	8—12	15—30	0,3—1,0	0,05—0,10	Л70	Латунь с 70 % меди
Углекислый натрий	10—30					
Сернокислый натрий	5—10					
Аммиак (25 %-ный)	0,3—1,0					
5. Сернокислая медь	4,8—6,2					
Сернокислый цинк	4,4—6,0					
Пирофосфорнокислый натрий	50—60	15—30	0,8—1,2	0,15—0,20		
Щавелевая кислота	10—15					
Борная кислота	4—5					

32. Электролиты для никелирования

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Примечание
Сернистый никель Хлористый никель Борная кислота Сернистый натрий	140—200 30—40 25—40 60—80	20—55	0,5—2,0	0,1—0,4	5,2—5,8	Стойкий, работает без подогрева и вентиляции, дает мелкокристаллические матовые ненапряженные осадки
Сернистый никель Борная кислота Хлористый натрий Сернистый натрий Натриосернистый калий Фтористый калий (натрий)	180—220 25—40 1,5—2,5 40—60 1—3 1,5—2,5	20—30	1—2	0,2—0,4	4—5	Предназначен для непосредственного покрытия алюминия
Хлористый никель Соляная кислота	200—250 50—100	15—30	5	—	—	Применяется для покрытия легированных сталей, продолжительность обработки составляет 5 мин
Сернистый никель Борная кислота Хлористый натрий Формалин (в пересчете на формальдегид)	250—300 25—40 10—15 0,4—0,8					Дает блестящие осадки, но не обладает выравнивающими свойствами

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Примечание
Фтористый калий (натрий) 2,6—2,7-нафталиндисульфокислота Сульфонол	3—6 2—4 0,015	40—50	3—5	0,6—1,0	5,8—6,0	
Сернокислый никель Хлористый никель Борная кислота 1,4-бутиндиол (100 %)	250—300 50—60 25—40 0,18— 0,30	50—60	3—5	0,5—1,5	4,5—4,8	Дает блестящие твердые осадки, характеризующиеся высокими внутренним напряжением и хрупкостью, обладает выравнивающим действием
Сахарин Формалин (в пересчете на формальдегид)	1,0—2,0 0,02— 0,04					
Сернокислый никель Борная кислота Хлористый натрий 1,4-бутиндиол (100 %)	250—300 25—40 10—15 0,2—0,5	40—50	2,5—3,5	0,45— 0,60	4,5—5,5	
Формалин (в пересчете на формальдегид) Хлорамин Б	0,5—1,2 2,0—2,5					
Сульфаминовокислый никель Хлористый никель Борная кислота Лаурилсульфат натрия Сахарин	300—400 30—40 25—40 0,1—1,0 0,1—1,5	50—60	3—8	0,4—1,0	3,6—4,2	Применяется для осаждения мягких пластичных покрытий

33. Электролиты для многослойного никелирования (температура обработки 50—60 °C)

Состав	Содержа- ние, г/л	Плотность, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мм	рН	Применение
Сернокислый никель	250—300				Для нанесения первого слоя «сил-никеля», второго слоя «биникеля» и третьего слоя «триникеля»
Хлористый никель	50—60				
Борная кислота	25—40				
1,4-бутидиол (100 %-ный)	0,15—0,18	3—8	0,5—1,5	4,0—4,8	
Сахарин	1—2				
Фталимид	0,08—0,12				
Сернокислый никель	250—300				Для получения первого слоя «биникеля» и «триникеля»
Хлористый никель	50—60	2—8	0,4—1,5	4,3—5,1	
Борная кислота	25—40				
1,4-бутидиол (100 %-ный)	0,05—0,10				
Формалин (в пересчете на формальдегид)	0,1—0,3				
Сернокислый никель	250—300				Для осаждения второго слоя «триникеля» толщиной 1— 3 мкм
Хлористый никель	50—60				
Борная кислота	25—40				
Сахарин	0,5—0,6				
Формалин (в пересчете на формальдегид)	0,2—0,4	2—6	0,4—1,2	5,0—6,0	
Парааминобензолсульфамид	0,5—1,0				
Сернокислый никель	250—300				Для нанесения второго слоя «сил-никеля» толщиной 1— 3 мкм
Хлористый никель	50—60	5—6	1,0—1,2	3,0—4,0	
Борная кислота	25—40				
1,4-бутидиол (100 %)	0,15—0,18				
Сахарин	1,0—1,5				
Каолин с частицами размером 0,1—3,0 мкм	0,1—3,0				

концентрации примесей в никелевых электролитах приведены ниже.

Примесь	Концентрация примеси в электролите для никелирования, г/л	
	матового	блестящего
Медь	0,20	0,01
Цинк	0,01	Следы
Железо	0,10	0,01—0,05
Свинец	0,007	0,002

После удаления всех примесей рН доводят до нормы и прибавляют блескообразователи: бутиндиол — ежедневно, сахарин и фталимид — один раз в 3 дня, нафталинди-сульфокислота — 0,5 г/(л · ч).

Электролиты для блестящего никелирования хорошо работают при постоянной фильтрации, качании анодов, перемешивании воздухом и селективной очистке. Неполадки, возникающие при никелировании, указаны в табл. 34.

СВИНЦЕВАНИЕ

Свинец осаждается преимущественно из борфтористоводородных, кремнефтористоводородных и фенолсульфоновых электролитов (табл. 35).

Для приготовления борфтористоводородного электролита к раствору плавиковой кислоты небольшими порциями при перемешивании прибавляют борную кислоту. После охлаждения при непрерывном помешивании вводят карбонат свинца в виде густой кашицы. После декантации в полученный электролит добавляют клей.

Для приготовления кремнефтористоводородного электролита в кремнефтористоводородной кислоте растворяют карбонат или окись свинца.

Основные неполадки, возникающие при свинцевании, описаны в табл. 36.

ЖЕЛЕЗНЕНИЕ

Для железнения применяют кислые электролиты — хлористые и сульфатные (табл. 37).

Хлористые электролиты готовят на основе хлористого железа, которое получают восстановлением хлорного железа, добавляя в раствор стружку малоуглеродистых сталей (450—500 г/л FeCl_3 и 150—200 мл HCl плотностью

34. Неполадки при никелировании

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Магное никелирование		
Никель осаждается, поверхность изделий покрывается пятнами	Низкая плотность тока или низкая температура электролита	Повысить плотность тока или температуру электролита
Грубое шероховатое покрытие, точечная пятнистость	Загрязнение электролита примесями, анодным шлаком	Профильтровать электролит, добавить окислитель, применить движущиеся катоды
Отслаивание, растрескивание и хрупкость покрытия	Плохая подготовка поверхности, низкая температура электролита, загрязнение его техническими примесями	Соответственно улучшить подготовку поверхности, повысить температуру электролита, профильтровать его
Пористость покрытия	Наличие в электролите железа, высокая плотность тока, повышенная кислотность	Удалить железо, снизить плотность тока, или кислотность, ввести антипиттинговые добавки «Прогресс», или «Сульфирол»
Подгар покрытия (серое шероховатое покрытие на углах и выступающих частях изделия)	Высокая плотность тока, низкая температура электролита	Снизить плотность тока, поддерживать температуру электролита не ниже 18 °C
Желтый оттенок покрытия	Низкая кислотность электролита	Повысить кислотность электролита
Отсутствие покрытия, обильное выделение на катоде	Высокая кислотность электролита	Понизить кислотность с помощью раствора едкого натра
Пассивирование анодов, запах хлора, падение напряжения	Высокая анодная плотность тока	Добавить хлориды, очистить аноды, увеличить их поверхность

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Черный цвет покрытия	Наличие в электролите цинка	Удалить цинк
Образование питтинга	Загрязнение электролита органическими примесями	Подкислить электролит, добавить H_2O_2 и снова защелочить
Недостаточный блеск	Б л е с т я щ е е и к е л и р о в а н и е Понижение концентрации блескообразователей Несоответствие плотности тока или pH раствора	Откорректировать электролит, добавив блескообразователи Откорректировать плотность тока и величину pH
Недостаточное выравнивание	Пониженная концентрация 1, 4-бутиндиола	Добавить 1,4-бутиндиол
Покрытие блестящее, но хрупкое	Недостаточное содержание добавки, уменьшающей внутренние напряжения (например, сахара, монохлорамина Б) Накопление продуктов разложения блескообразователей	Ввести дополнительно соответствующие добавки (сахарин и др.) Очистить электролит от органических примесей
На выступающих участках и краях деталей пригоревший осадок	Избыток блескообразователей	Снизить концентрацию блескообразователей с помощью активированного угля или проработкой электролита током
Темный оттенок покрытия	Наличие примесей	Удалить примеси

35. Электролиты для свинцевания (температура обработки 15—25 °C)

Состав	Содержание, г/л	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин
1. Борфтористоводородный свинец	125—200		
Борфтористоводородная кислота	40—60	0,5—2,0	0,25—1,0
Мездровый клей	0,5—1,0		
2. Кремнефтористоводородный свинец	80—150		
Кремнефтористоводородная кислота	20—35	1,0—2,0	0,50—1,0
Борная кислота	5—6		
Мездровый клей	0,5—1,0		
3. Фенолсульфоновый свинец	170—180		
Парафенолсульфоновая кислота	20—25	0,5—1,0	0,25—0,5
Мездровый клей	0,4—0,5		

36. Неполадки при свинцевании

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Плохое сцепление покрытия с основным металлом	Плохая подготовка поверхности перед покрытием, насыщение изделий водородом при обезжиривании и травлении	Улучшить подготовку поверхности, следить за режимом подготовки
Крупнокристаллическая структура покрытия	Недостаток клея, высокая температура, недостаток свободной кислоты	Добавить клей, снизить температуру, добавить кислоту
Наросты на краях изделия при сильном выделении водорода	Высокая катодная плотность тока, избыток свободной кислоты	Снизить плотность тока, откорректировать электролит
Образование шлама	Недостаточное количество борной кислоты	Увеличить количество борной кислоты
Неравномерность покрытия	Неправильное размещение изделий в ванне	Увеличить расстояние между электродами, применить местные аноды

17. Электролиты для железнения

Состав	Содержа- ние, г/л	Температура °C	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Применение
Хлористое железо	200—250	60—70	До 40	6,5	—	Для получения тонкослойного твердого покрытия
Соляная кислота	2—3					
Сернокислое железо	200—250	20—60	3—10	0,7—2,0	2,5—3,0	
Щавелевая кислота	1—4					
Серинокислый калий	100—150					
Хлористое железо	600—650	80—100	20—30	3—5	—	Для восстановления изношен- ных деталей
Соляная кислота	2,0—2,5					

38. Основные неполадки при железнении

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Отслаивание покрытия	Плохая подготовка поверхности, перерывы в подаче электроэнергии при электролизе	Улучшить качество обезжиривания и травления, устранить неисправность в электрической цепи
Темный осадок на отдельных участках изделия	Повышенная кислотность электролита, присутствие в нем солей меди, хрома, трехвалентного железа	Подщелочить электролит и проработать его при плотности тока 0,8—1,5 А/дм ²
Темные полосы на поверхности осадок хрупкий	Попадание в электролит органических примесей	Профильтровать электролит через активированный уголь и проработать при катодной плотности тока 1,5—2,0 А/дм ²
Точечная порнность (питтинг) на покрытии	Пузырьки водорода на поверхности изделия, повышенная кислотность электролита	Изменить положение деталей в ванне, подщелочить электролит
Шероховатость покрытия	Загрязнение электролита механическими примесями	Отфильтровать электролит через стеклоткань

1,19, температура 40—50 °С). Процесс восстановления превращается после окончания газовыделения.

Материалом для изготовления анодов служат низколегированные стали. Аноды применяются в чехлах. Перед железнением необходимо провести электрохимическую активацию поверхности в растворе серной кислоты (350—365 г/л) в течение 1 мин при температуре 15—30 °С и плотности тока 40—60 А/дм² для изделий из углеродистой стали и 15—20 А/дм² — для изделий из чугуна. В начале процесса в течение 10 мин плотность тока постепенно повышается до рабочей.

Возможные неполадки при железнении указаны в табл. 38.

39. Электролиты для хромирования

Состав	Содержание, г/л	Температура, °С
Хромовый ангидрид	150—250	45—60
Серная кислота	1,5—2,5	
«Хромин»	3	
Трехвалентный хром	3—6	
Хромовый ангидрид	250—300	55—65
Серноокислый стронций	6	
Кремнефтористый калий	20	
Трехвалентный хром	3—10	
Хромовый ангидрид	350—400	15—30
Серная кислота	2,5—3,0	
Едкий натр	40—60	
Трехвалентный хром	10—15	
Хромовый ангидрид	280—300	15—25
Фтористый аммоний	0,2—0,3	
Хромовый ангидрид	300—350	20—45
Азотнокислый натрий	7—10	
Уксуснокислый барий	5—7	
Борная кислота	12—15	

ХРОМИРОВАНИЕ

Все электролиты для хромирования основаны на растворах хромового ангидрида, в которые вводятся различные добавки (табл. 39) Названия отдельных электролитов приняты в зависимости от рода добавок (сульфатные, фтористые, сульфатнокремнефтористые).

Для увеличения смачиваемости хромированные детали подвергают анодной обработке в этих же электролитах при плотности тока 30—50 А/дм² в течение 7—9 мин.

На свинцовых анодах, обычно применяющихся при хромировании, образуется твердая малопроводящая корка хромовокислого свинца, повышающая напряжение в ванне. Для снятия корки аноды обрабатываются в раство-

Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	Примечание
12—55	0,15—0,60	Применяется для всех видов покрытия — декоративного, твердого, пористого «Хромин» вводится для снижения поверхностного натяжения раствора Для улучшения кроющей способности электролита дается начальный толчок тока, в 1,5 раза превышающий расчетное значение При хромировании стали детали целесообразно подвергать активации в хромовом электролите в течение 20—30 с или добавить ток противоположного направления
40—70	0,40—0,75	Саморегулирующийся, дает блестящий твердый осадок, высокопроизводительный, очень агрессивный
10—60	0,15—0,90	Дает матовые легко полирующиеся осадки
50—100	—	Применяется для защитно-декоративного покрытия мелких деталей в барабанах. Продолжительность обработки — 1—2 мин
40—80	—	Применяется для декоративного светопоглощающего покрытия Время процесса — 15—20 мин

ре, содержащем 100 г/л сегентовой соли и 80 г/л едкого натра. Для уменьшения скорости образования корки используются аноды из свинца с сурьмой (6—8 %) и из свинца с оловом (10 %). Наиболее успешно применяются в промышленности трехкомпонентные аноды, состоящие из 81—86 % свинца, 4 % сурьмы и 10—15 % олова. Они пригодны для любого хромового электролита.

Сульфатные электролиты готовят растворением хромового ангидрида в горячей воде, делают анализ на содержание сульфатов и вводят серную кислоту.

Саморегулирующиеся электролиты также готовят растворением хромового ангидрида, затем удаляют сульфаты, приливают отдельно растворенные сернокислый стронций и кремнефтористый калий, перемешивают и прорабатывают при температуре 45—60 °С и катодной плотности тока 4—6 А/дм² в течение 4—5 ч.

Для приготовления тетрахроматного электролита растворяют хромовый ангидрид и осторожно приливают к нему растворенный в отдельной емкости едкий натр. После охлаждения вводят недостающее количество серной кислоты.

Основные неполадки, возникающие при хромировании в сульфатных электролитах, указаны в табл. 40.

40. Основные неполадки при хромировании в сульфатных электролитах

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Отслаивание хромового покрытия вместе с никелевым	Плохая подготовка поверхности перед никелированием Нарушение режима никелирования	Улучшить качество подготовки поверхности Устранить неполадки при никелировании
Отдельные участки поверхности деталей не покрываются хромом	Низкая плотность тока Экранирование отдельных участков поверхности деталей, скопление газа при хромировании Наличие отверстий вблизи непокрытых мест	Увеличить ток на ванне Перераспределить детали на подвеске, устранить экранирование, изменить расположение деталей в ванне Отверстия закрыть свинцовыми пробками

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Отдельные точки на хромированной поверхности	Поры и раковины в основном металле	Улучшить механическую подготовку деталей
Подгар на выступающих участках и краях деталей	Высокая местная плотность тока	Снизить среднюю плотность тока или защитить выступающие участки экранами
Высокое напряжение на ванне	Образование толстой пленки на анодах	Удалить пленку с анодов
Темный осадок, прекращение осаждения хрома, растворение свинцовой футеровки	Присутствие азотной кислоты	Проработать электролит в течение 3—4 ч при высоких плотностях тока, при большой концентрации азотной кислоты сменить электролит
Темный цвет покрытия	Недостаточный нагрев деталей Недостаточная концентрация серной кислоты	Обеспечить нормальный прогрев деталей Добавить необходимое количество серной кислоты
Темный осадок, образования пятен	Повышенное содержание трехвалентного хрома Повышенное содержание железа	Увеличить отношение площади анодов к площади деталей Провести частичную замену электролита
Быстрое увеличение концентрации трехвалентного хрома	Неправильное соотношение площадей катода и анода	Увеличить анодную или уменьшить катодную поверхность
Отсутствие покрытия на внутренних участках поверхности деталей	Неправильно установлены дополнительные аноды	Устранить дефекты монтажа деталей и анодов

При хромировании детали должны иметь жесткий контакт с приспособлением и не экраировать друг друга. Для покрытия сложнопрофилированных деталей нужны дополнительные аноды, а для предохранения выступающих участков следует применять экраны.

После хромирования целесообразно проводить обезводораживание высокопрочных сталей, склонных к водородному охрупчиванию, при температуре 170—180 °C в течение 1—1,5 ч.

ЛУЖЕНИЕ (ОЛОВЯНИРОВАНИЕ)

Покрытие оловом производится в кислых и щелочных электролитах (табл. 41)

Достоинства кислых электролитов — неадовитость, высокий выход по току, возможность ведения процесса без подогрева. Эти электролиты применяются для покрытия простых и малопрофилированных деталей.

При получении кислых электролитов сернокислосое олово растворяется в воде подкисленной серной кислотой, после отстаивания и фильтрации к нему добавляются серная кислота до нормы и остальные компоненты, отдельно растворенные в воде. Электролиты прорабатываются при плотности тока $0,1—0,2 \text{ А/дм}^2$ до получения светлого плотного осадка.

Возможные неполадки при лужении описаны в табл. 42.

Щелочные электролиты готовят непосредственно растворением станиата натрия в дистиллированной или обессоленной воде, в которой предварительно растворяют заданное количество едкого натра и перекиси водорода в соотношении $2 : 1$. Затем прибавляют остальные компоненты.

Щелочные электролиты прорабатывают при соотношении анодной и катодной плотностей тока $1 : 3$ до появления на анодах золотистой пленки, а на катоде — светлого осадка олова. При работе с этими электролитами аноды необходимо погружать и вынимать под током. Наличие двухвалентного олова в электролите недопустимо (табл. 42).

Для уменьшения пористости, придания блеска и улучшения способности к пайке оловянные покрытия оплавливают в касторовом масле при температуре 250°C в течение $1—2$ с или в смеси, содержащей 950 г/л дистиллированного глицерина и 50 г/л солянокислого диэтиламина, при температуре 250°C в течение $1—2$ с.

ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ ОЛОВА

В настоящее время широко используется покрытие сплавами олова (табл. 43).

При осаждении сплава олово — висмут детали загружаются и выгружаются под током, в первые 10 с дается толчок тока до $2—4 \text{ А/дм}^2$. После прекращения процесса аноды вынимают из ванны во избежание контактного вы-

41. Электролиты для лужения

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Плотность тока, А/дм²	Скорость осаждения, мкм/мин	Примечание
Сернистое олово Серная кислота Препарат ОС-20 марки В	25—10 50—100 2—5	15—30	1—2	0,4—0,8	Дает светлый мелкокристаллический осадок
Двухлористое олово Фтористый натрий Соляная кислота Желатина	30—50 30—70 2—4 1—2	18—25	0,5—1,0	0,2—0,4	Дает блестящее покрытие
Станнат натрия Едкий натр (свободный) Уксуснокислый натрий Перекись водорода	45—90 9—17 ≥15 1—2	60—80	0,5—2,0	0,08—0,30	Дает мелкокристаллические осадки. Применяется для покрытия сложнопрофилированных деталей

42. Неполадки при лужении

Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
--------------------	-----------------------	-------------------

Сульфатные электролиты

Темное губчатое покрытие, на выступающих частях деталей образуются дендриты

Недостаток в электролите клея. Добавить 1,0—1,5 г/л клея или ПАВ или ПАВ

Появление в электролите взвешенного осадка

Низкая концентрация серной кислоты. Добавить серную кислоту

Покрытие пористое, недостаточно компактное; отсутствует газовыделение

Низкая концентрация ПАВ. Добавить ПАВ из расчета 30—50 % от предусмотренного рецептурой электролита

Низкая плотность тока

Повысить плотность тока до заметного газовыделения

Рыхлое хлопьевидное покрытие

Присутствие в электролите ионов NO_3^-

Длительно проработать электролит при высоких плотностях тока

Газовыделение на аноде	Наличие в материале анода при- меси свинца	Заменить аноды
Темное покрытие с плохой паяе- мостью	Наличие в электролите меди (примерно 0,1 г/л)	Проработать электролит при плот- ности 0,2—0,5 А/дм ²
Темный губчатый осадок	Щелочные электролиты	
	Наличие в электролите ионов двухвалентного олова	Добавить 1—2 мл/л 10 %-ного рас- твора перекиси водорода
Темный осадок, бурное газовыделе- ние на катоде	Повышенное содержание щелочи, высокая плотность тока	Ввести в электролит стannат натрия, снизить плотность тока
Исчезновение желто-зеленой пленки	Низкая анодная плотность тока, высокие концентрации щелочи и температура	Зачистить и запассивировать аноды
Появление белого налета на анодах	Низкая концентрация щелочи (калий)	Ввести в электролит едкий натр (едкое кали)

43. Электролиты для осаж

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C
1. Сериокислое олово	40—60	18—30
Сериокислый висмут	0,5—1,5	
Хлористый натрий	0,3—0,8	
Серная кислота	100—110	
Препарат ОС-20 марки В	4—5	
2. Сериокислое олово	35—45	18—30
Сериокислый висмут	0,5—1,0	
Хлористый натрий	0,3—0,5	
Серная кислота	120—140	
Продукт конденсации	5—10 мл/л	
Препарат ОС-20 марки В	4—5	55—70
Формалин	5—10 мл/л	
3. Двухлористое олово	40—50	
Хлористый никель	250—300	
Фтористый аммоний	60—70	
4. Металлическое олово	35—60	18—30
Оксид цинка	25—45	
Борфтористоводородная кислота	40—100	
Борная кислота	25—40	
Гидрохинон	0,8—1,0	
Мездровый клей	3—5	55—65
5. Сериокислое олово	9—10	
Сериокислый цинк	8—9	
Пирофосфоринокислый натрий	180—190	
Азотнокислый аммоний	1—2	
Лимоннокислый аммоний	1—2	1—2
Мездровый клей	1—2	

теснения висмута оловом. При нанесении покрытия в колоколах концентрацию серной кислоты увеличивают до 140 г/л.

Для приготовления электролитов для осаждения покрытия олово — висмут все химикаты растворяют отдельно в воде и смешивают, в последнюю очередь прибавляют продукт конденсации и сернокислый висмут.

Для приготовления 1 л продукта конденсации смешивают 730 мл ацетона с 330 мм аммиака и 400 мл 50 %-ного раствора едкого натра. К смеси медленно, по каплям, добавляют из ампул 400 мл уксусного альдегида, предварительно охлажденного до температуры 12—16 °C. Реакционную смесь непрерывно перемешивают и охлаждают, не допуская увеличения ее температуры свыше 30 °C.

В результате реакции образуется вещество коричневого цвета, верхнюю часть которого (продукт конденса-

дення сплавов олова

Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	Примечание
0,5—2,0	0,2—0,9	Дает мелкокристаллическое матовое покрытие
0,5—2,0	0,2—0,8	Дает блестящее покрытие при непрерывной фильтрации и селективной очистке
0,5—3,0	0,35—1,0	Применяется для осаждения блестящего покрытия олово—никель на меди и ее сплавах Применяется для осаждения сплава с содержанием олова 50—60 %
1—2	0,5—1,0	
0,5—1,0	0,4—0,8	Дает блестящие мелкозернистые осадки

цин) после расслоения отделяют с помощью делительной воронки и хранят в темных бутылках.

При приготовлении электролита для осаждения сплава олово — никель хлористый никель и фтористый аммоний растворяют в теплой воде. Раствор подкисляют соляной кислотой до рН 3,5—4 при температуре 70—80 °С и тщательном перемешивании вводят хлористое олово, дают отстояться 12 ч и прорабатывают при плотности тока 0,3—0,5 А/дм² в течение 3—5 ч. При электролизе используют аноды из никеля или из сплава олово — никель (70 % олова, 30 % никеля). Можно также применять никелевые и оловянные аноды с отдельным подводом тока

Для осаждения сплава олово — свинец используется борфтористоводородный электролит. При его приготовлении к одной половине расчетного количества борфтористоводородной кислоты добавляют при перемешивании окись

свинца, к другой — углекислую медь для образования борфтористоводородной меди, которую затем восстанавливают гранулированным или порошкообразным оловом. Полученный прозрачный раствор сливают в ванну, и туда же вводят растворенные в горячей воде клей и гидрохинон. Аноды изготавливаются из сплава олово — свинец (60 % олова, 40 % свинца).

Сплав олово — цинк осаждается из пиррофосфатного электролита. Для приготовления этого электролита раствор сернокислого цинка добавляют к раствору пиррофосфата натрия. Затем раствор подогревают, доливают к нему раствор сернокислого олова, доводят до рабочего объема и прибавляют лимоннокислый аммоний, азотнокислый аммоний и клей, предварительно замоченный в воде.

Материалом анодов служит сплав олово — цинк (80 % олова и 20 % цинка).

СЕРЕБРЕНИЕ

Наиболее распространенными электролитами для серебрения являются цианистые, дицианоаргентатные и железистосинеродистые (табл. 44).

Цианистые электролиты отличаются высокой рассеивающей способностью, дают матовые, мелкокристаллические осадки. Для уплотнения серебряного покрытия и придания ему блеска изделие полируют, не вынимая из ванны, в том же электролите при токе обратной полярности в течение 3 с с интервалом 0,8—1,2 с. Общее время полирования составляют 60—70 с. Анодная плотность тока при этом в 2—3 раза превышает катодную. Толщина снимаемого покрытия достигает 0,5—1,5 мкм. Для получения блестящего покрытия непосредственно в процессе электролиза в электролит вводят блескообразующие добавки.

Дицианоаргентатные и железистосинеродистые электролиты дают хорошие осадки, но рассеивающая способность этих электролитов невелика, что несколько ограничивает их применение. Для увеличения твердости и износостойкости серебряного покрытия в него вводят 0,3—0,8 % сурьмы, для обеспечения постоянства переходного сопротивления — 0,1—2 % палладия.

Для предупреждения контактного вытеснения серебра детали из меди и ее сплавов перед покрытием подвергают специальной обработке — предварительному серебрению или амальгамированию. При амальгамировании деталь опускают на несколько секунд в один из следующих

44. Электролиты для серебрения

Состав	Содержание, г/л	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	Примечание
Азотнокислосеребряный калий (свободный) Углекислый калий	20—30 20—40 20—30	0,3—1,5	0,15—0,75	Дает матовый мелкокристаллический осадок
Азотнокислосеребряный калий Металлический (свободный) селен Диспергатор НО-Б (в пересчете на сухое вещество) Этамон ДС	35—40 140—160 0,03—0,05 0,08—0,125 0,4	1,0—1,5	0,5—0,75	Для получения блестящего осадка серебро — сурьма добавляют 1,5—3,0 г/л сурьмяновиннокислого калия
Дипианоаргентат калия (в пересчете на металлическое серебро) Роданистый калий Углекислый калий	40—50 200—250 20—40	1—2	0,5—1,0 *	Дает мелкокристаллические осадки, но рассеивающая способность их ниже, чем у цианистых электролитов
Азотнокислосеребряный калий Роданистый калий Углекислый калий Железистосинеродистый калий	25—30 120—150 25—30 50—80	0,3—0,5	0,15—0,75	То же

Состав	Содержа- ние, г/л	Плотность тока, $\frac{\text{А}}{\text{дм}^2}$	Скорость осажде- ния, мкм/мин	Примечание
Азотнокислое серебро Цианистый калий Углекислый калий	1—3 70—90 20—30	1—3	—	Применяется для предварительного серебрения, продолжительность об- работки составляет 1—3 мин
Азотнокислое серебро Цианистый калий Углекислый калий Сурьмяновинноокислый калий Винноокислый калий—натрий Едкое кали	35—42 50—70 20—30 4,0—5,5 50—60 5—10	0,5—1,5	0,7—1,0	Дает полуматовые покрытия, содер- жащие 0,3—0,8 % сурьмы
Азотнокислое серебро Роданистый калий Углекислый калий Железистосинеродистый калий Сурьмяновинноокислый калий Виноокислый калий — натрий	35—42 120—150 20—30 50—100 4,0—5,5 50—60	0,8—1,5	0,7—1,0	
Хлористое серебро (в пересчете на металл) Хлористый палладий (в пересчете на металл) Пирофосфорнокислый калий Роданистый калий	7—10 8,5—10 20—70 130—180	15—25	0,4—0,8	Дает серебристо-белое покрытие с желтоватым оттенком, содержит 0,1—2 % палладия

* рН 9—10

растворов: 5—10 г/л окиси ртути и 50—100 г/л цианистого калия, 10—12 г/л азотнокислой ртути, 7,5 г/л хлористой ртути и 4 г/л хлористого аммония.

Амальгамированная поверхность должна быть блестящей, без пятен. Нужно учесть, что амальгмирование вызывает растрескивание латунных деталей, а соприкосновение амальгмированных деталей с алюминием резко увеличивает скорость коррозии последнего.

Для интенсификации процесса серебрения и улучшения качества осадка следует применять реверс анодного и катодного тока при соотношении 10 : 1. При электролизе используются серебряные аноды. Соотношение поверхностей анода и катода составляет 1 : 1.

Приготовление электролитов. Цианистый электролит для серебрения готовят двумя способами:

1) осаждают цианистое серебро из раствора азотнокислого серебра точно рассчитанным количеством 5 %-ного раствора цианистого калия, отделяют осадок и растворяют его в избытке цианистого калия,

2) осаждают соляной кислотой хлорид серебра из азотнокислого серебра, после отделения осадок растворяют в избытке цианистого калия.

Для блестящего серебрения цианистый калий растворяют в воде, очищают 30 %-ной перекисью водорода (2 мл/л) в течение 12 ч, вводят активированный уголь (1—2 г/л) и через 1,5—2 ч отфильтровывают. После этого к нему добавляют предварительно растворенные азотнокислое серебро и селен, диспергатор из расчета на сухой остаток и этамон ДС в виде 50 %-ного водного раствора.

Для приготовления дицианоаргентатного электролита смешивают все его компоненты, предварительно растворенные в воде.

Для приготовления железистосинеродистого электролита раствор железистосинеродистого калия доливают к раствору азотнокислого серебра. После образования осадка железистосинеродистого серебра добавляют углекислый калий и нагревают раствор до температуры кипения. Затем доливают 50—60 мл 30 %-ного раствора перекиси водорода и кипятят 1—2 ч. Потом осадок гидроокиси железа отфильтровывают и к фильтрату добавляют раствор роданида калия.

Для составления электролита серебро — сурьма сурьмяновиннокислый калий и едкое кали растворяют в растворе сегнетовой соли и вводят в электролит для серебрения.

Для приготовления электролита серебро — палладий к свежесажденному хлористому серебру прибавляется раствор KCNS (300 г). К раствору, содержащему 250 г KCNS, прибавляется смоченный в воде хлористый палладий. Оба раствора сливаются в ванну и к ним добавляют роданистый калий и пиррофосфорнокислый калий.

Дополнительная обработка серебряных покрытий. Под воздействием соединений серы на поверхности серебра образуется пленка сернистого серебра, в результате чего ухудшается внешний вид, увеличивается переходное сопротивление и утрачивается способность к пайке.

Для защиты серебряных контактов они покрываются тонким слоем палладия, родия или золота. Для защиты от потускинения серебряные покрытия пассивируются, для получения декоративной черной пленки — подвергаются анодной обработке (табл. 45).

ЗОЛОЧЕНИЕ

Для золочения используются цианистые и кислые электролиты (табл. 46).

Электролиты без блескообразователей дают мягкие матовые осадки. Для улучшения внешнего вида покрытий и увеличения их твердости применяются электролиты с небольшой добавкой сурьмы, никеля, кобальта. Содержание кобальта и никеля в покрытии достигает 0,3—0,5 %, сурьмы — до 1 %.

Приготовление электролитов. Для приготовления цианистого электролита необходимо дицианоаурат калия растворить в воде и кипятить 5—20 мин, после фильтрации ввести 40—50 %-ный раствор цианистого калия.

Для приготовления цитратного электролита растворяют лимонную кислоту (либо ее соли) в воде и pH раствора доводят едким кали до 3,5—4,5. После этого прибавляют сериокислый никель или кобальт, дицианоаурат и окончательно корректируют pH.

В процессе работы pH корректируют лимонной кислотой или 15 %-ным раствором ортофосфорной кислоты.

ПАЛЛАДИРОВАНИЕ

Для палладирования применяются аминохлоридный, фосфатный и сульфаматный электролиты (табл. 47).

Приготовление электролитов. Для приготовления электролитов хлористый палладий растворяется в трехкратном

45. Растворы для дополнительной обработки серебряных покрытий

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность, мин	Плотность тока, А/дм²	Примечание
Бихромат натрия	8—12	15—30	15—20	—	pH 3,4—4,5
Ингибитор И-1-Е	—	15—30	5—10	—	5 %-ный раствор, применяется для пас- сивирования
Хромовокислый калий Едкое кали	30—50 30—50	15—30	5—10	1—3	Используются свинцовые аноды, в этом же растворе можно проводить обработ- ку без источника тока в контакте се- ребряных деталей с алюминием, время обработки при этом составляет до 30 мин
Сульфид натрия Гипосульфид натрия Серная кислота Ацетон	25—30 15—20 3—5 3—5	15—35	5—10	0,1—0,3	Применяется для получения декоратив- ной черной пленки

46. Электролиты для золочения *

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Плотность тока, А/дм ²
Дицианоаурат калия Цианистый калий	4—10 10—20	45—55	0,2—0,5
Дицианоаурат калия Лимонная кислота	8—12 50—140	18—50	0,3—1,5
Дицианоаурат калия Лимонная кислота Сернокислый кобальт	8—10 60—80 1—1	30	0,5—0,6
Дицианоаурат калия Лимоннокислый однозамещенный калий Гидрат пиперазина Сернокислый кобальт	8—10 50—70 3—5 6,5—8,0	20—30	0,5—0,7
Дицианоаурат калия Лимоннокислый однозамещенный калий Сернокислый никель Лимонная кислота	8—10 30—40 4,5—9,5 30—40	20—30	0,5—0,7
Дицианоаурат калия Цианистый калий Углекислый калий Трехокись сурьмы	5—8 14—16 12—15 1,5—2,5	26—30	0,25— 0,30

* Изделия следует загружать под током и поддерживать кис

избытке аммиака на (1 г хлористого палладия 6 мл аммиака) до получения желтого прозрачного раствора тетрааминохлорида палладия.

Аминохлоридный электролит готовится следующим образом: в тетрааминхлориде палладия растворяется хлористый аммоний, рН доводится аммиаком до нормы, в последнюю очередь вводятся малеиновый ангидрид, растворенный в небольшом количестве электролита, и хинолин.

При приготовлении фосфатного электролита необходимо осадить раствор тетрааминохлорида соляной кислотой (100 г/л), осадок отфильтровать, промыть 2 %-ным раствором соляной кислоты на фильтре и влить небольшими порциями в предварительно прокипяченный и профильтрованный раствор фосфатов; бензойную кислоту

Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Аноды	Примечание
0,09— 0,13	11—12	Из золота (про- ба 999,9) или ста- ли 12X18H9T	Дает мелкокристаллический матовый осадок, применяется для покрытия сложнопрофи- лированных деталей
0,13— 0,25	3,5—5,0		Дает светлые осадки, при по- вышенных температурах — по- лублестящие, рассеивающая способность невысокая
0,20	4,5—4,7	Титановые с пла- тиновым покры- тием толщиной до 10 мкм	Осаждается блестящее по- крытие
0,14— 0,20	4,5—5,5		Дает зеркальное покрытие
0,10— 0,13	4,8—5,5	Титановые с пла- тиновым покры- тием толщиной до 10 мкм	Применяется для нанесения блестящего покрытия
0,17— 0,20	9—12	Графитовые или из стали 12X18H9T	

лотность электролита на заданном уровне.

растворить в малом объеме электролита; pH в процессе работы корректируется едким натром.

Для приготовления сульфаматного электролита тетрааминохлорид палладия вводится в раствор хлористого аммония и нитрита натрия. Сульфаминовая кислота растворяется в небольшом количестве воды (на 1 г кислоты 1 мл воды), доводится аммиаком до pH 8—9 и добавляется к раствору, содержащему палладий. После выдержки при 30 °С в течение 6 ч электролит прорабатывается в течение 2—4 ч с использованием инертных электродов при плотности тока на катоде 1—2 А/дм².

Палладий регенерируют из электролитов осаждением диаминохлорида соляной кислотой и растворяют в аммиаке для получения тетрааминохлорида.

47. Электролиты для палладирования*

Состав	Концентрация, г/л	Температура, °С	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения, мкм/мин	pH	Примечание
Хлористый палладий	20—30	15—30	0,5—1,5	0,13—	8,5—9,5	Дает полублестящее покрытие,
Хлористый аммоний	15—20			0,40		используется для обработки простых
Малеиновый ангидрид	0,12—					и среднетеплопроводных деталей
Хинолин	0,18—					
	0,08—					
	0,15					
Хлористый палладий	4—6	18—25	0,2—0,3	0,05—	8,2—9,5	Применяется для покрытия простых
Хлористый аммоний	15—18			0,08		деталей и деталей средней сложно-
						сти
Хлористый палладий	3—10	50—60	0,1—0,2	0,02—	6,5—7,0	Отличается большой стабильностью
Двухзамещенный фосфорнокис-				0,03		в работе, малой скоростью осажде-
лый натрий	100—130					ния, применяется для покрытия про-
Двухзамещенный фосфорнокис-						филированных деталей
лый аммоний	15—25					
Бензойная кислота	2,5—3,0					
Хлористый палладий	10—14	28—32	0,5—1,5	0,10—	8,5—8,7	Используется для нанесения толсто-
Хлористый аммоний	50—80			0,25		слоного пластичного покрытия
Азотнокислый натрий	40—80					
Сульфаминокислый аммоний	80—100					

* Для электролиза используются аноды из палладия, платинированного титана и графита.

РОДИРОВАНИЕ

Для осаждения родия применяют сульфатные электролиты (табл. 48).

Электролиты для родирования готовят осаждением раствора хлористого родия 40 %-ным раствором едкого кали — на 1 г хлористого родия 5,7 г едкого кали. Гидроксид хлористого родия промывают горячей водой и растворяют в серной кислоте, разбавленной в соотношении 1 : 2 и нагретой до температуры 70—80 °С, или электролитически в серной кислоте с добавкой 2—3 г/л перекиси водорода. Для удаления перекиси водорода электролит необходимо прокипятить. От органических примесей его очищают активированным углем.

48. Электролиты для родирования *

Состав	Содержание, г/л	Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения мкм/мин	Покрывные
1. Металлический родий Серная кислота	4—8 48—52	0,4—0,8	0,05—1	Тонкослойное
2. Металлический родий Серная кислота Селеновая »	20—35 120—160 2—4	0,3—0,5	0,04— 0,07	Толсто- слойное

* Аноды — родиевые, из платинированного титана или графита; температура обработки 15—30 °С.

ХИМИЧЕСКОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ

Никель, осажденный химическим путем, представляет собой сплав никеля с фосфором (от 5 до 12 % фосфора). Основой процесса является реакция восстановления никеля из водных растворов его солей гипофосфитом натрия. Составы применяемых растворов и режимы обработки приведены в табл. 49.

При приготовлении растворов все компоненты растворяют в теплой воде в отдельных емкостях. Затем все растворы (кроме раствора гипофосфита) смешивают и доводят pH до нормы аммиаком или уксусной кислотой. Тиомочевину добавляют в виде 0,1 %-ного раствора. Раствор гипофосфита прибавляют в последнюю очередь, непосредственно перед началом процесса.

49. Растворы для химического

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Скорость осаждения, мкм/мин
Н и к е л и			
1. Сернокислый никель (хлористый никель)	40—50		
Гипофосфит натрия	10—20		
Хлористый аммоний	45—55	80—88	8—10
Трехзамещенный лимоннокислый натрий	40—50		
25 %-ный раствор аммиака *	—		
2. Сернокислый никель (хлористый никель)	60		
Гипофосфит натрия	25	88—98	15
Хлористый аммоний	6		
Борная кислота	8		
Уксуснокислый натрий	12		
Тиомочевина	0,003		
3. Серпокислый никель (хлористый никель)	20—30		
Гипофосфит натрия	20—25	88—98	10—15
Уксуснокислый натрий	10—15		
Тиомочевина	0,003		
Ледяная уксусная кислота	6—10		
Л у ж е			
Двухлористое олово	8—20	17—25	—
Серная кислота	30—40		
Двухлористое олово	8—20		
Соляная кислота	6,5—7,5	55—65	—
Хлористый натрий	70—80		
Тиомочевина	80—90		
З о л о			
Дицианоаурат калия	2—3		
Трехзамещенный лимоннокислый натрий	45—50	80—85	—
Хлористый аммоний	70—75		
Гипофосфит натрия	8—10		
К о н т а к т н о е			
Азотиокислосое серебро	10—15		
Железистосинеродистый калий	25—30	50—60	0,08
Углекислый калий	10—20		
С е р е б			
Сульфитный комплекс серебра (в пересчете на металлическое серебро)	0,2—5,0	20—35	—

* Добавляется до окрашивания раствора в синий цвет.

нанесения покрытий

рН	Плотность загрузки, дм ² /л	Продолжи- тельность обработки, мин	Примечание
----	--	---	------------

рование

Становится непригодным после накопления в нем более 200 г/л фосфитов

7,5—9,0 1—2 —

5,6—5,7 3—4 —
Корректируют только величину рН, добавляя через каждые 30 мин приблизительно 4 мл/л 10 %-ного раствора едкого натра

4,3—5,0 1—2 —
Корректируют, добавляя гипофосфит натрия и сульфат никеля

ение

— 3 10—20 При приготовлении растворов двухлористое олово растворяют в кислоте, затем прибавляют остальные компоненты

— 3 30

чение

7,5 3 60 Применяется для осаждения покрытия толщиной до 1 мкм

серебрение

6,5—7,5 3 — То же

рение

— 3 5—20 »

Для инициирования химического никелирования деталей из меди и ее сплавов в начале процесса необходимо обеспечить контакт этих деталей с электроотрицательным металлом (например, со сталью, алюминием).

После покрытия детали подвергаются термообработке при 200 °С в течение 2 ч для снятия внутренних напряжений и повышения прочности сцепления покрытия с основой. Для увеличения твердости до 10 ГПа детали необходимо подвергнуть термообработке при 400 °С в течение 1 ч.

Олово можно осаждать химическим путем на медь и медные сплавы из кислых растворов (табл. 49).

Золото химически осаждают из раствора на основе дицианоаурата калия (табл. 49).

В процессе контактно-химического серебрения (табл. 49) детали контактируют с алюминием или магнием при соотношении их поверхностей и поверхности покрываемых деталей 1 : 6. Контакт происходит вне рабочего раствора.

Химическое серебрение производится осаждением из сульфитного комплекса (табл. 49).

НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПЛАСТМАССЫ

В последнее время получил широкое распространение процесс металлизации пластмасс гальваническим способом. Металлическое покрытие придает изделиям из пластмасс красивый внешний вид, сообщает поверхности электро- и теплопроводные свойства, способность к пайке, улучшает физико-механические и химические свойства.

Основное применение металлизация пластмасс находит для получения изделий, которые нерентабельно изготавливать из металла, а также для металлизации отверстий при изготовлении печатных плат с целью соединения проводников, расположенных по обе стороны платы.

К пластмассовым деталям, подвергающимся металлизации, предъявляются следующие основные требования: на деталях не должно быть острых краев и кромок; отверстия и углубления должны быть круглого сечения; шероховатость поверхности деталей должна соответствовать виду покрытия и его назначению (табл. 50).

Химико-электролитическая металлизация проводится путем обработки в растворах, в которых металлическое покрытие получается в результате восстановления ионов металла веществами-восстановителями. Полученный

50. Материалы, подвергающиеся металлизации, и виды покрытий

Материал	Вид покрытия	Назначение
Термореактивный типа АГ-4	Серебряное	Экранирование, создание электропроводности
Пресс-порошки К-18-2, К-124-38; ударопрочные пластики АБС, СТАН, СНК, полистирол, полипропилен	Сплав олово — висмут	Обеспечение надежности
Полиамиды, поликарбонаты, полиакрилаты	Кадмиевое	Обеспечение электрического контакта и надежности
Пластик АБС	Никелевое, хромовое	Декоративная отделка
Стеклотекстолит Стеклотекстолит фольгированный	Медное с последующим нанесением сплавов олова	Для создания металлизированного перехода между проводниками, расположенными по обе стороны печатной платы

тонкий слой металла затем усиливается гальваническим способом до необходимой толщины.

Процесс металлизации пластмасс делится на три основные стадии:

1. Обработка поверхности пластмасс.
2. Покрытие изделий путем химического восстановления металла.
3. Гальванопокрытие.

Для обеспечения хорошей адгезии металлического покрытия к пластмассе ее поверхность матируют механическим путем (наждачной шкуркой, абразивными пастами и порошками) или химическим травлением (табл. 51).

Для придания поверхности пластмассы каталитических свойств, обеспечивающих последующее химическое восстановление металла, проводят активирование, которое заключается в погружении протравленных изделий в раствор сенсibilизатора, а затем в раствор соли благородного металла. Этот металл осаждается и служит катализатором восстановления меди. Сенсibilизация проводится в слабокислом растворе двухвалентного олова, ионы которого при последующей промывке гидролизуются и оседают на поверхности диэлектрика в виде гидроокиси. Последующая активация заключается в образовании на поверхности деталей частиц металлического палладия в результате воздействия хлористого палладия, в раствор которого погружают детали, и соединений двухвалентного олова, адсорбированных поверхностью диэлектрика. В тех случаях, когда диэлектрические материалы имеют металлические элементы (например, открытые медные проводники на печатной плате), для предотвращения осаждения палладия на медь применяется совмещенный раствор активирования, содержащий одновременно соли олова и палладия.

Для повышения каталитической активности поверхности после обработки в совмещенном растворе детали обрабатывают в растворе акселерации, который представляет собой слабый раствор кислоты или щелочи. Затем на детали наносится тонкий токопроводящий слой меди путем восстановления меди из комплексных щелочных растворов с помощью формалина (40 % раствора фольмальдегида).

Токопроводящий слой на активированной поверхности можно получить также путем химического восстановления никеля. Составы растворов для металлизации представлены в табл. 52.

51. Травильные растворы для пластмасс

Состав	Соержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность обработки, мин	Пластмасса
Хромовый ангидрид Серная кислота	370 400	65—70	10—15	АБС
Хромовый ангидрид Серная кислота Фосфорная »	8—10 990 250	50—60	5—20	СТАН, СНК
Хромовый ангидрид Серная кислота	10—12 1650	75—80	20—30	Полистирол
Хромовый ангидрид Серная кислота	75—80 1460	85—95	20—30	Полиэтилен, полипропилен
Хромовый ангидрид Серная кислота Фосфорная »	10—15 770 460	90—115	15—20	Типа АГ-4

52. Растворы для металлизации пластмасс

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность, мин	Применение
Азотнокислое серебро Водный аммиак 25 % Этиловый спирт	2 15—20 200—300	15—20	5	Для активирования пластмасс. Перед химическим меднением необходимо высушить для получения равномерного слоя бурого цвета
Двухлористое олово	45—55	18—25	3	Для сенсibilизации
Соляная кислота Хлористый палладий	8—10 0,5—1,0	18—25	1	Для активации
Хлористый палладий Двухлористое олово Соляная кислота Хлористый натрий	0,8—1 60—80 100—200 100	18—25	5	Совмещенный раствор для активирования
Едкий натр Серная кислота Бифторид аммония	80—100 100—200 120	18—25 18—25 18—25	5 5 1	Для последующей обработки после обработки в совмещенном растворе активирования. Вместо серной кислоты можно применять соляную или фосфорную

Сернокислая медь Едкий натр Глицерин Формалин	80 60 50 30	18—25	10—15	Для химического меднения пластмасс и металлов (раствор не корректируется)
Сернокислая медь Трилон Б Едкий натр Формалин Родамин	13—15 25—30 13—15 17—20 0,005—0,01	18—25	15—20	Для химического меднения пластмасс и металлов с высокой насыщенностью и малым диаметром отверстий (раствор корректируется)
Сернокислая медь Едкий натр Виннокислый калий — натрий Диэтилдитиокарбонат натрия Формалин	20—25 30—40 80—100 50 10—15	18—25	15—20	То же
Сернокислый никель Гипофосфит натрия Хлористый аммоний Хлористый свинец *	25—30 40—45 22—29 0,007—0,010	35—45	3	Для химического никелирования. Перед обработкой изделие необходимо обработать в растворе, содержащем 20—25 г/л гипофосфита натрия
Хлористый никель Гипофосфит натрия Хлористый аммоний Уротропин **	25 25 25 0,5—0,3	40—45	5—10	То же

* Скорость осаждения для раствора — 3—4 мкм/мин, рН 9.

** Скорость осаждения — 2—3 мкм/мин, рН 3,5—9.

Полученный токопроводящий слой усиливают при помощи гальванически осажденной меди, а после этого наносят другие гальванические покрытия в зависимости от назначения изделия.

Для нанесения декоративного покрытия на пластмассы после меднения в обычном электролите детали покрывают в электролите блестящего меднения (см. табл. 29). При этом процессе используются аноды из сплава АМФ в чехлах из материала «Хлорин». В течение всего процесса необходима непрерывная фильтрация и перемешивание электролита очищенным сжатым воздухом.

Следующая операция — блестящее никелирование на толщину 6—10 мкм (см. табл. 32). Затем при необходимости детали хромируют (см. табл. 39). После каждой операции, начиная с травления и активирования, изделия промываются сначала в обычной, затем в обессоленной воде.

Приготовление растворов. Раствор сенсibilизации готовится путем растворения расчетного количества соли олова в соляной кислоте, затем раствор доводят до необходимого объема.

Для приготовления раствора активации хлористый палладий растворяют в соляной кислоте при нагревании, до требуемого объема раствор доводят дистиллированной или деионизованной водой. Совмещенный раствор активирования готовится следующим образом: соль палладия и соль олова растворяют отдельно в соляной кислоте при нагревании и охлаждают до температуры $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. После этого раствор хлористого палладия добавляют небольшими порциями в раствор двуххлористого олова. Хлористый натрий растворяют в воде и подкисляют остатком соляной кислоты и к этому раствору доливают смесь солей палладия и олова при комнатной температуре. Доливать раствор водой нельзя. Приготовленный раствор кипятят в течение 10 мин. Раствор корректируют по результатам анализа концентратом, предварительно прокипяченным в течение 10 мин.

При приготовлении раствора химического меднения на основе трилона Б в смесь растворов сернокислой меди и трилона Б при интенсивном перемешивании вливают раствор едкого натра, затем доводят до требуемого уровня. В свежеприготовленном растворе рН должен быть 12,5—12,8. Формалин вводят за 10—15 мин до начала работы. Ежедневно в конце работы раствор отфильтровывают и вводят стабилизатор — роданистый калий (0,5 % раство-

ра из расчета 1,5 мл/л). Перед началом работы раствор корректируют по данным анализа и за полчаса до начала работы вводят 7 мл/л формалина.

При приготовлении раствора для химического меднения, содержащего сегнетовую соль, раствор сернокислой меди вливают в щелочной раствор сегнетовой соли при постоянном перемешивании. Полученный раствор отстаивают в течение суток. Непосредственно перед началом работы добавляют стабилизатор — диэтилдитиокарбомат натрия в виде 1,5 %-ного раствора. После окончания работы раствор фильтруют и вводят стабилизатор. Перед началом работы по данным анализа на медь и щелочь раствор корректируют и вводят формалин.

При соблюдении всех правил эксплуатации растворы служат до двух месяцев без замены.

При работах на ваннах химического меднения необходимо покачивать детали и располагать их на подвесках таким образом, чтобы не создавать газовых мешков. Для предотвращения самопроизвольного разложения раствора его необходимо после работы фильтровать, с подвесок при повторном использовании снимать слой покрытия, так как оно недопустимо в ваннах сенсibilизации и активирования, а также химического меднения.

Основные неполадки, возникающие при металлизации, указаны в табл. 53.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

С точки зрения технологии печатная плата представляет собой плоское изоляционное основание, на одной или обеих сторонах которого расположены проводники в форме рисунка, определенного конструкторским чертежом. Проводники на разных сторонах платы соединяются между собой металлизированными перемычками.

В настоящее время существует множество различных методов изготовления печатных плат. Основные из них состоят из ряда операций: получение защитного рисунка схемы, сверление отверстий, химическая металлизация, гальваническое осаждение меди и защитных покрытий, травление медной фольги. Последовательность операций определяется выбранным методом изготовления плат.

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЩИТНОГО РИСУНКА

Применяют, в основном, два метода — фотопечатание и сеткографию. При фотопечатании для получения рисунка

53. Основные неполадки при металлизации

Операция	Характер неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Обезжиривание	Поверхность деталей не смачивается	Недостаточное время выдержки, несоответствие состава раствора респентуре	Увеличить время обработки, откорректировать состав раствора
Травление	Шероховатость поверхности деталей выше требуемой Шероховатость поверхности деталей ниже требуемой Наличие непокрытых мест на деталях	Большая выдержка Недостаточные активация и sensibilization, откорректировать состав раствора, изменить расположение или пропустить известие встраивание деталей в ванне	Уменьшить время обработки Повторить активацию и sensibilization, откорректировать состав раствора, изменить расположение или пропустить известие встраивание деталей в ванне
Химическое меднение	Самопроизвольное осаждение металлической меди на деталях и внутренней поверхности ванны Отсутствие восстановления меди Грубое темное покрытие	Плохая очистка ванны, наличие следов металла или других очагов кристаллизации Высокая кислотность раствора, недостаток формалина в нем Перетравлена поверхность деталей, низкая кислотность раствора	Отфильтровать раствор, промыть ванну азотной кислотой, разбавленной в соотношении 1:1, а затем водой Откорректировать кислотность ввести формалин Уменьшить время травления, откорректировать кислотность раствора

используют фоторезисты, светочувствительные и устойчивые к воздействию агрессивных факторов составы.

Для получения рисунка нанесенный на подготовленную поверхность заготовки фоторезист экспонируется через фотошаблон, изготовленный на фотопленке. Под действием актиничного излучения (излучения, вызывающего активацию фоторезиста) фоторезист переходит в нерастворимое состояние, вследствие чего после проявления по является рисунок схемы.

Жидкие фоторезисты наносятся поливом на заготовку при вращении центрифуги; окунанием или поливом с последующим разравниванием и сушкой слоя в центрифуге; окунанием с последующим вытягиванием заготовки из раствора с определенной скоростью.

Наиболее применяемым жидким фоторезистом является фоторезист на основе поливинилового спирта (ПВС), состоящий из ПВС (90—120 г/л), двуххромовокислого аммония (3—10 % от массы сухого ПВС), этилового спирта (50 мл), дистиллированной воды (до 1000 мл). Он готовится следующим образом: ПВС набухает в воде не менее 15 ч, после чего варится при температуре 90 °С в течение 12 ч при непрерывном помешивании. После охлаждения раствор фильтруют, добавляют разбавленные водой этиловый спирт и двуххромовокислый аммоний. Вязкость приготовленного раствора 25—40 с по вискометру ВЗ-4. Через 24 ч фоторезист готов к применению. Его следует хранить при температуре не выше 22 °С и не более 5 сут.

Перед нанесением фоторезиста поверхность заготовок зачищается смесью шлифпорошка 4 и венской известью в соотношении 1 : 1 вручную или на зачистных станках с металлическими щетками, затем декапируется в растворе соляной кислоты (50—100 г/л), промывается и сушится.

ПВС наносится в два слоя. Сушка первого слоя — 30 мин при 35—45 °С, второго — 60 мин при этой же температуре. Заготовки со светочувствительным слоем следует хранить в пакетах из светонепроницаемой бумаги не более 4 ч (в холодильнике допускается 24 ч).

Экспонирование изображения производится на установках для экспонирования или копировальных рамах с движущимся источником света. Время экспонирования устанавливается опытным путем для каждой партии ПВС. Изображение проявляется теплой водой с помощью поролоновой губки. Качество проявления контролируется путем погружения заготовки в раствор метилового фиоле-

гового красителя (1—3 г/л) при температуре 18—25 °С на 10—15 с. Затем для повышения защитных свойств резиста проводят химическое дубление в растворе хромового ангидрида (плотность — 1,017—1,020 г/см³) при температуре 18—22 °С в течение 2 мин. После промывки и сушки проводят термическое дубление в сушильных печах с циркуляцией воздуха при 100—120 °С в течение 2—3 ч. Загружать и выгружать платы следует при температуре не выше 40 °С. После термодубления защитный слой должен быть глянцевым, сплошным, без трещин и царапин, изображение — четким, неразмытым, темно-коричневого цвета. Раздубливание ПВС производится в растворе, состоящем из щавелевой кислоты (150—200 г/л), хлористого натрия (50—100 г/л), при температуре 70—80 °С в течение 3—5 мин или в растворе едкого натра (200—300 г/л) при таком же режиме.

Существенные недостатки жидких фоторезисторов — неоднородность по толщине, возможность загрязнения и повреждения слоя. Поскольку процесс нанесения жидкого фоторезиста невозможно автоматизировать, возникла необходимость разработки сухого пленочного фоторезиста (СПФ).

СПФ представляет собой трехслойный материал синего цвета, состоящий из лавсановой пленки толщиной 20—25 мкм, липкого светочувствительного слоя толщиной 20—60 мкм и защитной полиэтиленовой пленки. СПФ наносится на подготовленные заготовки при помощи специального валкового устройства — ламинатора, при этом защитная полиэтиленовая пленка легко отделяется от светочувствительного слоя без нарушения последнего и фоторезист прикатывается к заготовке липким слоем.

Экспонирование проводится через лавсановую пленку на копировальных рамах с ультрафиолетовым излучением. Перед проявлением лавсановая пленка отделяется от заготовки.

СПФ производится двух видов: СПФ-2 и СПФ-ВЦ. Последний проявляется в 2 %-ном растворе кальцинированной соды при температуре 30—35 °С в течение 2—3 мин, снимается 5 %-ным раствором щелочи при температуре 18—25 °С в течение 5—7 мин. СПФ-2 проявляется в метилхлорформе, удаляется в хлористом метиле.

Сеткография относится к методам трафаретной печати. В этом случае рисунок схемы наносится через трафарет-сито (металлическое или капроновое) с мелкими ячейками различными составами на основе типографских кра-

сок (офсетная краска, белила, печатная олифа и др.). Этот метод применяется при массовом производстве несложных плат.

ХИМИЧЕСКАЯ И ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

Химическое меднение плат осуществляется в ваннах, снабженных качением или вибрацией, для того чтобы при обработке растворы легко проходили через просверленные отверстия. Перед химическим меднением заготовки обезжириваются в следующем составе: тринатрийфосфат — 30 г/л; сода кальцинированная — 30 г/л; вещество моющее «Прогресс» («Каштан», «Лотос» или др.) — 5 мл/л — при температуре 30—40 °С в течение 2 мин.

После обезжиривания и последующей промывки в теплой и холодной воде платы обрабатываются в растворе сенсibilизации, промываются, затем обрабатываются в ванне активации с последующей промывкой в двух сборниках с целью предотвращения уноса хлористого палладия. Если применяется совмещенный раствор активирования, то после него проводится обработка в одном из растворов акселерации. При проведении процесса необходимо после каждой операции проводить качественную промывку. Затем платы обрабатываются в ванне химического меднения. Составы растворов и режимы обработки при сенсibilизации, активации и химическом меднении представлены в табл. 52.

После химического меднения на заготовки наносится слой гальванической меди толщиной не менее 25 мкм. Для получения эластичных осадков хорошие результаты дает электролит меднения с декстрином. Можно также применять борфтористоводородное или кремнефтористоводородное меднение (см. табл. 29).

Для защиты проводников и отверстий от вытравливания и обеспечения способности к пайке на осажденную медь наносится покрытие сплавом олово — кобальт или олово — свинец (см. табл. 43) толщиной 12—15 мкм. Покрытие олово — свинец после травления и осветления оплавляют в глицерине при температуре 222—232 °С или в установках оплавления с лампами инфракрасного излучения.

В технически обоснованных случаях допускается после меднения покрывать платы серебром толщиной 9—12 мкм в электролите на основе дицианаргентата калия (см. табл. 44).

При гальванопокрытии плат необходимы жесткий контакт с подвеской и качание катодной штанги для обеспечения равномерного покрытия, качественная промывка для исключения возможности загрязнения электролитов.

ТРАВЛЕНИЕ

Травлению подвергаются платы после нанесения рисунка схемы при негативном методе изготовления и после покрытия рисунка схемы защитным сплавом олово — свинец (олово — кобальт, серебро) при позитивном методе.

По мере вытравливания содержание меди в растворе непрерывно возрастает, а содержание других компонентов уменьшается, поэтому растворы подлежат корректировке, которая заключается в удалении части отработанного раствора на регенерацию меди и добавке в оставшуюся часть остальных компонентов.

Кислый раствор травления на основе хлорной меди готовится следующим образом: хлорная медь растворяется в $\frac{1}{3}$ объема воды, в другой трети воды, подкисленной расчетным количеством соляной кислоты, растворяется хлористый калий. После сливания раствор прозрачный, ярко-зеленого цвета, без осадка. Перед началом работы доводят до необходимого уровня и проводят анализ раствора на содержание хлорной меди, хлористого калия и соляной кислоты и корректируют по данным анализа. Регенерацию раствора проводят при достижении концентрации меди в рабочем растворе до 65 г/л путем прибавления пергидроля. При этом одновалентная медь переходит в двухвалентную.

Щелочной раствор травления на основе хлорной меди готовится прямо в травильной установке. В установке заливают воду на $\frac{3}{4}$ объема и нагревают до 40—45 °С. Затем на конвейер на лист диэлектрика порциями насыпается смесь сухих солей аммония. Смесь растворяется при включенном насосе. После полного растворения солей раствор доводят до необходимого уровня и выдерживают в течение 3—4 ч.

Корректировку проводят при появлении белесоватости. При этом сливают $\frac{2}{3}$ объема травильного раствора и добавляют смесь свежих солей из расчета на $\frac{2}{3}$ объема.

СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Исходными материалами для изготовления односторонних и двусторонних печатных плат служат фольги-

рованные диэлектрики на основе гетинакса (ГФ-1-35) и стеклотекстолита (СФ1-35, СФ2-35). Проводниковые элементы получают вытравливанием меди в соответствии с заданным рисунком, а для получения металлизированных отверстий применяются процессы химического и электрохимического осаждения.

В отечественной промышленности изготавливают печатные платы химическим методом, комбинированным негативным и комбинированным позитивным способами, а также позитивным комбинированным методом с предварительным сверлением отверстий.

При химическом методе изготовления ПП защитный рисунок схемы наносится так, чтобы после вытравливания оставались только проводники. Защитный рисунок выполняется стойкими к травильным растворам материалами (фоторезистами, красками). Травление проводится в кислых растворах (табл. 54). Этот метод применяется при изготовлении бытовой радиоаппаратуры. При *негативном комбинированном методе* после аналогичных операций снимается фоторезист или краска, наносится лак НЦ 134 (ХВК-2А, ХСЛ, бакелитовый лак и др.) в 2—3 слоя при вязкости 30—40 с по вискозиметру ВЗ-4. Продолжительность сушки первого и второго слоев — 40—50 мин при температуре 18—250 °С, последнего слоя — 2—3 ч при той же температуре. Затем сверлятся и металлизуются отверстия, снимается лак скальпелем после выдержки в воде 50—60 °С в течение 1—2 мин (бакелитовый лак снимается в 3 %-ном растворе щелочи); поверхность зачищается шлифпорошком 4 и венской известью, декапируется в 10 %-ной соляной кислоте и покрывается сплавом «Розе» окунанием при температуре 145—155 °С.

Более насыщенные платы с повышенными требованиями к качеству и точности рисунка изготавливаются позитивным комбинированным методом. В этом случае после нанесения рисунка (проводниковые элементы свободны от фоторезиста) наносится лак, сверлятся отверстия и покрываются медью химическим восстановлением. Затем, после снятия лака в теплой воде, поверхность платы зачищается смесью шлифпорошка и венской извести в соотношении 1 : 1, декапируется в 10 %-ном растворе соляной кислоты и подвергается гальваническому меднению. После этого платы покрываются сплавом олово — кобальт или олово — свинец (табл. 43). Более стойким покрытием, длительное время сохраняющим способность к пайке, является сплав олово — свинец. На следующем этапе

снимается фоторезист с пробельных мест платы и проводится травление в щелочных растворах (табл. 54).

Позитивный метод с предварительным сверлением по сравнению с вышеописанными методами характеризуется сокращением цикла изготовления плат и возможностью механизации и автоматизации почти всех процессов. При этом методе на заготовках фольгированного материала сверлятся отверстия на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), после чего проводится химическая металлизация отверстий и затяжка медью (покрытие проводников и отверстий гальваническим меднением на толщину 5—6 мкм). Затем наносится рисунок схемы с помощью СПФ (при этом полностью совмещается рисунок схемы с отверстиями), дорожки и отверстия покрываются медью толщиной не менее 25 мкм, потом защитным покрытием олово — свинец и производится травление рисунка схемы в щелочных травителях (см. табл. 54).

Технологические схемы указанных процессов представлены в табл. 55.

Микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры, всевозрастающие требования к увеличению плотности монтажа способствуют расширению применения многослойных печатных плат (МПП). Наиболее распространенным является метод сквозной металлизации отверстий. Сущность его состоит в следующем. Сначала собирают пакет из отдельных слоев, выполненных химическим способом, и склеивающих прокладок. Затем после склеивания прессованием проводят сверление и металлизацию отверстий по позитивному методу с предварительным сверлением отверстий. Для слоев применяется материал СТФ-1, СТФ-2, для прокладок — прокладочная стеклоткань СПТ-3.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В зависимости от производственных возможностей каждого предприятия и требований, предъявляемых к выпускаемым изделиям, используются разнообразные способы и соответствующее оборудование.

Оборудование для подготовки поверхности печатных плат предназначено для двусторонней зачистки поверхности печатных плат от окислов и загрязнений.

Очистка фольги осуществляется механическим способом с помощью абразивного материала, пемзы и механических щеток.

54. Составы растворов для травления меди

Состав	Содержание, г/л	Темпера- тура, °C	Время, мин	Примечание
Хлорное железо	400—450	30—40	5—15	Для травления плат, защищенных фоторезистом или красками
Хлорная медь	160—200			
Соляная кислота	9—12	35—40	1,5—2,0	
Хлористый калий	250—300			
Надсернистый аммоний	300	50—55	5—10	
Серная кислота	6			
Сернокислая медь	5			
Хлорная медь	54		—	Для травления плат, защищенных покрытием оловом и др.
Углекислый аммоний	210	40	2—4	
Хлористый аммоний	100			
Сернокислая медь	170—180			
Сернокислый аммоний	150—170			
25 %-ный водный аммиак	400—500			

55. Технологические схемы изготовления плат

Наименование операции	Последовательность (порядковый номер) операций			
	Химический метод	Негативный комбинированный метод	Позитивный комбинированный метод	Метод с предварительным сверлением
Подготовка поверхности	1	1	1	3
Получение рисунка схемы	2	2	2	4
Нанесение лака	—	5	3	—
Сверление отверстий	—	6	4	1
Химическое меднение	—	7	5	—
Химическое меднение с предварительной металлизацией	—	—	—	2
Снятие лака	—	8	6	—
Гальваническое меднение	—	9	7	5
Покрытие сплавом олово—свинец	—	—	8	6
Удаление фоторезиста	4	4	9	7
Травление	3	3	10	8
Оплавление покрытия олово—свинец	—	—	11	9
Нанесение сплава «Розе»	5	10	—	—

Существуют полуавтоматы для крацевания, с помощью которых выполняется крацевание фольги, промывка, сушка и выгрузка заготовок печатных плат в приемный лоток. Скорость движения заготовки 6,1 м/мин обеспечивает обработку до 850 заготовок в час при их длине до 450 мм. Крацевание фольги проводится латунными щетками диаметром 125 мм. Ширина заготовок допускается не более 250 мм.

Оборудование для нанесения пленочного фоторезиста предназначено для нанесения сухого пленочного фоторезиста на заготовки печатных плат. Схема нанесения пленочного фоторезиста показана на рис. 1.

СПФ наносят на заготовки плат посредством прокатывания через защитную лавсановую пленку в установках — ламинаторах. Размеры заготовок не должны превышать 400 мм по ширине и 350 по длине. Имеются установки, выполненные в виде конвейера непрерывного дей-

ствия. Производительность таких установок — около 400 заготовок в час.

Оборудование для экспонирования печатных плат предназначено для двустороннего засвечивания фоторезиста, предварительно нанесенного на заготовки печатных плат.

Производительность существующих установок — до $3 \text{ м}^2/\text{ч}$. Время экспонирования задается с помощью реле времени. Одновременно можно экспонировать заготовки плат в количестве 4 шт. с размерами, не превышающими $450 \times 250 \text{ мм}$.

Оборудование для проявления и удаления пленочного фоторезиста в хлорорганических растворителях представляет собой двухкамерную установку, в которую специальным транспортером непрерывного действия подаются заготовки печатных плат. В первой камере заготовка обрабатывается струей растворителя под давлением до 400 кПа, во второй промывается направленной струей воды под давлением до 300 кПа. Вместимость баков с растворителями — до 60—70 л.

Оборудование для травления медной фольги при изготовлении печатных плат предназначено для травления, химической подготовки поверхности, промывки, осветления защитного слоя гальванического покрытия.

Наибольший интерес представляет универсальная полуавтоматическая линия, на которой заготовки перемещаются транспортером непрерывного действия. Производительность линии — $13\text{—}16 \text{ м}^2/\text{ч}$. Обрабатываются платы любой толщины и длины, ширина платы ограничивается 50—450 мм.

Скорость движения транспортера — 0,6 м/мин, время травления заготовок — 6 мин, промывки — 2 мин, сушки — 1,5 мин. Раствор хлорного железа к заготовкам подается подогретым до $35\text{—}40^\circ\text{C}$, вода для промывки — до 20°C , воздух для сушки плат подогревается до $60\text{—}70^\circ\text{C}$.

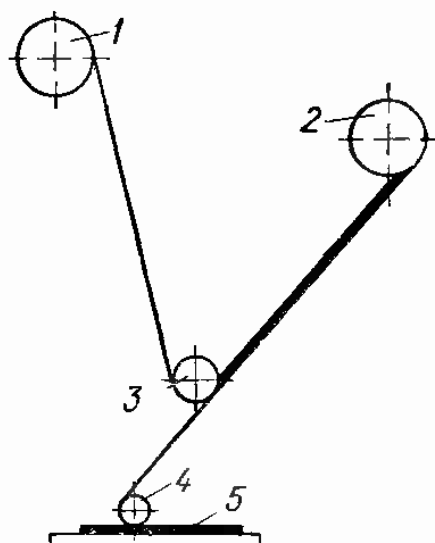


Рис. 1. Схема нанесения пленочного фоторезиста: 1 — бобина для намотки полистиленовой пленки; 2 — рулон фоторезиста; 3 — отдельный ролик; 4 — прижимной валик; 5 — плата

Габаритные размеры линии — 8300 × 1040 × 1620 мм.

Для изготовления прецизионных фотошаблонов световым лучом применяется фотокоординатограф прецизионный Минск-2005.

Рабочее поле, мм	500×500
Максимальная скорость, мм/с	50
Масштаб изображения	1:2, 1:1, 2:1, 4:1
Точность нанесения изображения, мм	± 0,03
Дискретность перемещения по координатам, мм	0,025
Количество масок, устанавливаемых на смежных досках, шт.	40 или 60
Установленная мощность, кВт	2

Для сверления отверстий печатных плат при серийном и крупносерийном производстве предназначен сверлильный четырехшпиндельный станок ОФ-101АФ2 с числовым программным управлением.

Производительность (число операций в минуту)	120
Максимальные размеры обрабатываемых плат, мм	240×360
Диаметр отверстия, мм	0,4—3
Частота вращения, об/мин	20 000—12 000
Дискретность, мм	0,01
Точность позиционирования, мм	± 0,02
Установленная мощность, кВт	5
Программноситель	Перфолента
Габаритные размеры, мм	1520×1895×1650

Для химической металлизации отверстий печатных плат предназначена автоматическая линия химического меднения.

Наименьший ритм выхода подвесок, мин	9
Наибольшие размеры обрабатываемых плат, мм	500×500
Масса загружаемых деталей, кг	30
Величина вертикального хода консоли автооператора, мм	900
Скорость горизонтального перемещения автооператора, м/мин	7,1
Потребляемая мощность сушильной камеры, кВт	5
Размеры ванны, мм	300×650×670
Габаритные размеры линии, мм	7550×1500×2450
Масса (без растворов), кг	2500

Для нанесения электролитических покрытий предназначена автоматическая линия для гальванических процессов меднения и нанесения защитного покрытия на печатные платы.

Годовая производительность при двухсменной работе и коэффициенте загрузки 0,7 шт. в год:

платы 250×250 мм	12 000
платы 500×500 мм	30 000
Расход воздуха, м ³ /г	17 000
Расход холодной воды, м ³ /г	2,24
Потребляемая мощность, кВт	15
Габаритные размеры линии	12 460×1835× ×2455

Для покрытия печатных плат сплавом «Розе» в промышленности внедрен универсальный автомат, обрабатывающий платы длиной не более 150—400 мм, шириной 50—250, толщиной 1,5—3. С его помощью выполняется весь цикл обработки платы: поштучная подача из магазина, флюсование, покрытие сплавом, промывка, сушка, выгрузка в приемный лоток.

Производительность автомата составляет 15 м²/г, рабочая температура припоя поддерживается в пределах 150—160 °С, разогрев его длится 1,3—1,5 ч. Время промывки составляет 1 мин при температуре воды 50—60 °С. Сушка проводится горячим воздухом при температуре 70—80 °С в течение 1,5 мин.

Габаритные размеры автомата 3600 × 850 × 1700 мм.

Большинство многослойных печатных плат (МПП) изготавливается из фольгированной стеклоткани, пропитанной термореактивной эпоксидной смолой, поэтому способы прессования, оборудование и оснастка для всех применяемых методов изготовления МПП практически одинаковы.

Процесс прессования в общем виде выполняется следующим образом. Набранный пакет МПП подвергается прессованию на гидравлическом прессе при удельном давлении 1,4—7,0 МПа, температуре 160—180 °С и времени выдержки 40—60 мин. При прессовании МПП применяется специальная технологическая оснастка, которая обеспечивает фиксацию совмещенных слоев МПП и температурный режим склеивания. Для этой цели используются установленные на пресс специальные стальные плиты, достаточно массивные, чтобы обеспечить равномерное распределение температуры по всей поверхности. Поверхность плиты обычно покрывается хромом и затем полируется. Обогрев плит электрический либо паровой, охлаждение — водяное. Температурный режим обеспечивается автоматически.

Пакет МПП набирается в специальном, съемном с пресса приспособлении, состоящем из верхней и нижней

плит. Основанием приспособления служит нижняя плита, изготовленная из нержавеющей стали или дурала толщиной 12—16 мм со шлифованной поверхностью. По углам плиты по прессовой посадке устанавливаются направляющие штыри диаметром 4,5—6 мм, имеющие конус 2°. Помимо направляющих штырей на нижней плите устанавливаются штыри диаметром 0,8—2,4 мм для фиксации на них набранного пакета МПП по базовым отверстиям, имеющимся в каждом слое и каждой склеивающей прокладке.

Для повышения производительности гидравлических прессов устанавливают многоярусно несколько нагревательных плит, чтобы можно было прессовать одновременно несколько пакетов МПП, обычно это 2—3 яруса. Мощность гидравлического пресса должна быть не менее 100—150 т.

Установка для автоматизированного контроля печатных плат предназначена для контроля целостности печатных проводников, величины сопротивления и электрической прочности изоляции между электрически разобобщенными цепями. Контроль качества печатных плат проводится по принципу «годен — брак».

Управление установкой ведется по программе, записанной на пятидорожечной перфоленте. Некоторые характеристики установки приведены ниже.

Напряжение постоянного тока при контроле электрической прочности изоляции, В	150
Среднее время контроля одной платы, мин	15
Шаг координатной сетки, мм	1,25
Габаритные размеры установки, мм	2800×1200×1500

Для контроля металлизации отверстий печатных плат предназначен прибор для измерения толщины медного покрытия в отверстиях, а также для обнаружения дефектов в виде нарушения сплошности покрытий. Он характеризуется следующими показателями:

Производительность, отверстий в минуту	До 30
Диаметр контролируемых отверстий, мм	0; 8; 1; 1,5
Толщина печатных плат, мм	1; 1,5; 2
Точность измерения толщины слоя металлизации, мкм:	
5—20	±3
20—60	±5
Питание от сети переменного тока, В	220
Габаритные размеры прибора, мм	Не более 250×130×140
Масса, кг	Не более 2

Создание современного оборудования, повсеместное распространение средств вычислительной техники явились предпосылкой разработки и внедрения автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами изготовления фотооригиналов печатных плат и сверления отверстий (рис. 2).

Исходной информацией для работ автоматизированной системы управления технологическими процессами изготовления фотооригиналов и сверления отверстий в печатных платах является конструкторский чертеж печатной платы 1, на котором указаны координаты отверстий (узлов), печатные проводники с указанием их толщины, диаметры отверстий, диаметры и конфигурация контактных площадок.

На координатоскопе 2 в двоичном коде шифруются координаты каждого отверстия печатной платы, его диаметр, диаметр контактной площадки, наличие или отсутствие проводника и его ширина.

Указанная информация перфорируется на бумажной ленте, в которой сосредоточена информация о каждом отверстии.

Полученная перфолента вводится в фотосчитывающее устройство 3, связанное через устройство связи с объектом (УСО) 6 с ЭВМ 9.

Информация по специальной программе, заложенной в ЭВМ, проверяется на правильность кодирования и наличие всего необходимого объема данных, для прорисовки фотооригинала. В случае несоответствия закодированной на перфоленте информации ЭВМ распечатывает протокол сообщения о наличии ошибки и высвечивает на дисплее 10 тот кадр, в котором она обнаружена, с тем, чтобы можно было скорректировать программу светящимся пером или с пульта дисплея.

Если лента закодирована правильно, то ЭВМ заносит всю информацию в долговременное запоминающее устройство, где она записывается на магнитную ленту или магнитный диск.

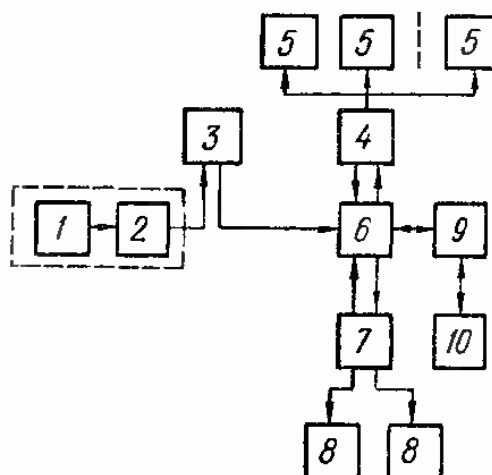


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы.

Фотооригинал изготавливается на координатографе 8, имеющем головку, конструкция которой обеспечивает получение светового луча с пятном различного диаметра (количество диафрагм до 64), и горизонтальный стол, перемещающийся с точностью 0,05 мм по координатам x и y .

Включение координатографа на перемещение стола, замена диафрагмы и включение источника света осуществляются с УСО ЭВМ через пульт управления координатографа 7.

Информация на перемещение стола координатографа вводится покадрово. Следующий кадр передается после получения сигнала об отработке предыдущего. Информация о координатах отверстий печатных плат, диаметрах этих отверстий является исходной для формирования программы управления сверлильными станками 5.

Так как на плате обычно имеются отверстия различных диаметров, ЭВМ формирует программу управления через устройство связи с объектом сверлильных станков 4 для каждой группы станков, сверлящих отверстия только одного диаметра.

Затем платы переставляются на другие станки, предназначенные для сверления отверстий другого диаметра.

Автоматизированная система позволяет одновременно управлять двумя координатографами и шестью 4-шпиндельными станками для сверления отверстий. Производительность системы при сверлении отверстий составляет не менее 14 400 отверстий в минуту.

Систему обслуживают два-три оператора.

МНОГОСЛОЙНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

Многослойные печатные платы (рис. 3) изготавливаются различными способами, самым распространенным из которых является метод сквозной металлизации. Сущность его состоит в прессовании пакета, состоящего из отдельных слоев платы с последующим сверлением и металлизацией отверстий.

В связи с использованием большого количества разнородных операций при производстве МПП необходим жесткий контроль режимов всех операций. Должны точно соблюдаться размеры элементов рисунка в слое и технологических отверстий, так как они совмещаются; необходимы специальное технологическое оборудование, оснастка, организация контроля выполнения операций

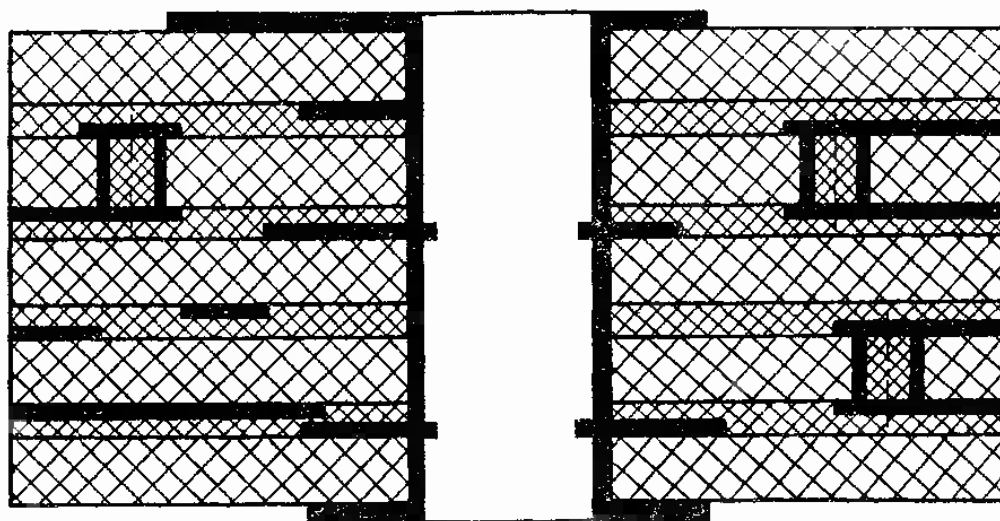


Рис. 3. Структура многослойной печатной платы.

и соблюдения технологического режима, повышение уровня производства.

В процессе подготовки слоев основное внимание следует обращать на пробивку технологических отверстий, так как они являются базовыми на всех переходах технологического процесса, связанных с получением рисунка схемы, склейкой, сверлением отверстий. Высокой точности совмещения заготовки (слоя) с фотошаблоном можно добиться лишь в случае пробивки отверстий в них одним инструментом. Пробивка отверстий в прокладочной стеклоткани не требует высокой точности и может быть выполнена сверлением по кондуктору. После пробивки технологических отверстий на заготовках внутренних слоев (материал СТФ-2) получают рисунок схемы химическим способом с помощью сухого плотного фоторезиста.

Прессование является одним из наиболее ответственных процессов при изготовлении МПП. Для прессования собирают пакет из отдельных слоев, чередующихся с изоляционными прокладками из стеклоткани марки СПТ-3, толщиной 0,06 мм. Наружные слои изготавливают из заготовок одностороннего фольгированного стеклотекстолита СТФ-1, толщиной 0,13—0,015 мм. Базовые отверстия всех слоев совмещаются. Прессование производится на прессе П-474-А. При этом происходит полимеризация прокладок и прочное склеивание слоев. Полученный после прессования пакет многослойной платы представляет собой двустороннюю фольгированную заготовку, на которой позитивным методом необходимо получить схему внешних слоев. В связи с тем, что процесс изготовления плат

является базовым, заготовки на сверлильном станке крепятся на тех же технологических отверстиях, на которых фиксировались слои при прессовании. От качества просверленных отверстий и их очистки перед металлизацией зависит надежность многослойных плат. После сверления заготовки подвергаются гидроабразивной очистке на установке АРСМ190 090, затем идет подравливание в смеси серной и плавиковой кислот в соотношении 5 : 1 по объему при температуре 35—45 °С в течение 0,5—1 мин. и снова гидроабразивная обработка. Дальнейшие операции (предварительное меднение, нанесение фоторезиста, металлизация, нанесения покрытия и другие) аналогичны операциям базового процесса.

При изготовлении плат аддитивным и полуаддитивным методами может использоваться нефольгированный диэлектрик СТЭФ-1-2 ЛК с адгезивным слоем. Операция подготовки поверхности адгезива заключается в обезжиривании в стандартном растворе, набухании в диметилформалиде в течение 1—2 мин, травлении в растворе, состоящем из хромового ангидрида (540—550 г), серной кислоты (130—140 мл/л), при температуре 50 °С, в течение 2—3 мин, нейтрализации сначала в 3 %-ном растворе NaOH, потом в 5 %-ном растворе HCl время по 0,5—1 мин. Окончательная промывка проводится в дистиллированной воде, сушка — в шкафу при 50—60 °С в течение 10—15 мин.

При аддитивном методе изготовления после химической подготовки с помощью СПФ формируется рисунок схемы, затем наносятся проводники (после обычной активизации для пластмасс и плат) методом толстослойного химического меднения из раствора следующего состава: сернокислая кислота — 25—35 г/л; трилон Б—80—90 г/л; едкий натр — 40—60 г/л; углекислый натрий — 20—30 г/л; формалин (33 %-ный раствор) — 20—30 мл/л, роданин — 0,003—0,005 г/л; железистоуглеродистый калий — 0,1—0,15 г/л, pH 12,6...12,8. Плотность загрузки — 2 дм²/л. Толщина покрытия 25—30 мкм при условии непрерывного корректирования солями меди, едким натром и формалином.

После толстослойного химмеднения удаляется фоторезист и наносится покрытие под пайку.

При полуаддитивном методе после химической подготовки заготовки из материала СТЭФ1-2ЛК сверлят на станках с ЧПУ. Последующие операции аналогичны операциям при базовом позитивном методе (табл. 55). Двусто-

ронные печатные платы с повышенной плотностью монтажа можно изготавливать также с применением диэлектриков, покрытых пятимикронной медной фольгой (слофадит, СТПА-5).

Отказ от применения фольгированных диэлектриков с толщиной фольги 35—50 мкм обуславливает максимальное боковое подтравливание, повышает плотность печатного монтажа за счет уменьшения проводников и зазоров до 0,15—0,2 мм, дает возможность замены в ряде случаев многослойных печатных плат двусторонними, способствует уменьшению расхода меди, сокращению времени травления и расхода химикатов, значительному снижению трудоемкости изготовления печатной платы, уменьшению расхода электроэнергии и стоимости химических реактивов и материалов.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАЩИТНЫЕ ПЛЕНКИ НА МЕТАЛЛАХ

АНОДНОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Окисные пленки, полученные способом анодного оксидирования (табл. 56) на алюминии и его сплавах, прочно связаны с ними и увеличивают их коррозионную стойкость. Поскольку пленки пористы, они обладают высокой адсорбционной способностью, что дает возможность пропитывать их маслами, лаками, воском, наполнять хроматами для повышения коррозионной стойкости, а также различными красителями.

Пористость, коррозионная стойкость, толщина и твердость окисной пленки зависят от состава алюминиевого сплава, его однородности, качества поверхности, режимов термообработки и оксидирования.

При покрытии необходимы жесткое крепление детали, охлаждение и непрерывное перемешивание электролита. Материал зажима — алюминий или титан. Толщина стенок деталей должна быть не менее 0,5 мм, радиус закругления — не менее 0,2 мм. В зависимости от материала детали и требуемой толщины анодной пленки устанавливаются время электролиза и конечное напряжение. Сила тока поддерживается постоянной в течение всего процесса.

Наполнение анодных оксидных пленок. Для повышения коррозионной стойкости оксидные пленки подвергают специальной обработке для заполнения пор. Наполнение

56. Электролиты для анодного оксидирования

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжительность обработки, мин
Серная кислота	180—200	15—25 0—7	15—60 20—90
Серная кислота Щавелевая кислота	180—200 10—20	10—25	30—60
Щавелевая кислота	40—60	15—25	90—210
Хромовый ангидрид	30—35	30—40	30—60
Щавелевая кислота	1—2	50—60	30—40
Борная кислота	8—10		
Лимонная кислота	1—2		
Хромовый ангидрид	6—8		
Щавелевокислый калий титанил	40—45		
Борная кислота	1—2	40—45	60
Хромовый ангидрид	30—35		

* Пробивное напряжение пленки — до 400 В.

** То же — до 500 В

происходит при температуре 90—100 °C в обессоленной воде при pH 4,5—6,5 в течение 20—30 мин либо в растворе хромпика (80—100 г/л) в том же режиме. При необходимости пленку пропитывают в веретенном масле, нагретом до 65 °C. Для обеспечения декоративного вида пленки используются органические и неорганические красители (табл. 57). После окрашивания оксидная пленка уплотняется обработкой в воде и при необходимости пропитывается маслом.

ХИМИЧЕСКОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Оксидные пленки, полученные химическим путем (табл. 58), имеют толщину 3 мкм. По своим свойствам они уступают анодным, но благодаря простоте получения ши-

и эматалирования алюминия и его сплавов

Плотность тока, А/дм. ²	Конечное напряжение, В	Катоды	Примечание
0,8—2,0 До 24 2,5—5,0 До 60 *			Дает окисную пленку толщиной 3—7 мкм
2—5 До 60 *		Из стали 12Х18Н9Т, свинцовые	Дает толстослойные окисные пленки (до 100 мкм и более), обладающие большой твердостью (3000—4500 МПа) и высокими изоляционными свойствами
2,5—3,5 До 90 ** До 3,0 До 40			Дает толстослойную электроизоляционную пленку Применяется для оксидирования литья, паяных и клепаных изделий из алюминия и его сплавов
До 3,0 0—120		Из стали 12Х18Н9Т	Применяется для получения эматалевых покрытий толщиной 12—14 мкм; сила тока в процессе электролиза поддерживается путем постепенного повышения напряжения до 120 В (в течение 20—40 мин), затем самопроизвольно падает до 0,5—1,0 А/дм. ²
0,3—1,0 40—80			Дает эматалевую пленку толщиной 5—7 мкм; при обработке напряжение постепенно в течение 5 мин повышают до 40 В, затем через 30 мин повышают до 80 В и выдерживают еще 30 мин

роко применяются для защиты алюминия и его сплавов в легких условиях эксплуатации, а также в качестве грунта под лакокрасочные покрытия.

ОКСИДИРОВАНИЕ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Стали и чугуны оксидируются в концентрированных растворах щелочи с добавкой азотно- и азотистокислого натрия (табл. 59). В зависимости от металла, подвергающегося оксидированию меняются температура и продолжительность обработки.

Во избежание разбрызгивания детали следует опускать в раствор осторожно. После оксидирования их необходимо промыть в горячей воде, обработать в горячем 2—3 %-ном водном растворе хозяйственного мыла, высушить и промаслить горячим минеральным маслом.

57. Растворы для окрашивания анодных и эматалевых пленок

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжительность обработки, мин	Примечание
Краситель: красный ализариновый бирюзовый светопроочный кислотный темпо-голубой кислотный фиолетовый антрахиноновый H ₄ CK кислотный зеленый ЧЖ кислотный черный ЗМ	0,2—1 0,2—1 0,2—1 0,2—1 0,2—1 0,2—1 10	50—60	20—30 20—30 20—30 20—30 20—30 20—40	Для окрашивания в соответствующие цвета
Краситель: желтый З оранжевый 2Ж черный для алюминия	0,6 1,6 0,06	40—60	0,25—1,0	Применяется для окрашивания под цвет золота при pH 5,5—7
Кальцинированная сода	0,05—1,0			
Азотнокислый алюминий	100	20—30	20	Дает пленку белого цвета
Серная кислота Марганцовокислый калий	5 15	20—30	5	При плотности переменного тока 0,3—0,4 А/дм ² и применении угольных анодов окрашивает пленку в золотистый цвет
Сернокислый никель Борная кислота Сернокислый аммоний	0,3 30 15	20—30	5—10	Используется при напряжении 15 В, плотности переменного тока 0,8—1,0 А/дм ² и pH 3,5—5,5; дает пленку бронзового цвета

58. Растворы для химического оксидирования алюминия и его сплавов

Состав	Соержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность об- работки, мин	Примечание
Углекислый натрий Хромовокислый калий (натрий) Едкий натр	40—60 10—20 2—3	80—100	3—10	Для оксидирования крепежных деталей
Хромовый ангидрид Ортофосфорная кислота Фтористый натрий	5—10 40—60 3—5	15—30	5—20	Для получения оксидно-фосфатной плен- ки голубого цвета
Хромовый ангидрид Кремнефтористый натрий	3—4 3—4	15—30	8—20	
Хромовый ангидрид Фтористый калий Железосинеродный калий	5—8 1,5—2,0 0,5—1,0	15—30	1—5	Для получения оксидно-фторидной токо- проводящей пленки

59. Растворы для оксидирования черных металлов

Состав	Содержание, г/л	Металл	Температура, °C	Продолжительность обработки, мин
Едкий натр	50—700	Высокоуглеродистая		
Азотнокислый натрий	50—100	сталь чугун	130	30
Азотистокислый натрий	100—250	Низкоуглеродистая сталь	150	90

При приготовлении раствора для оксидирования едкий натр загружается в рабочую ванну, заполненную водой. Сюда же прибавляются остальные компоненты. Допускается приготовление раствора без азотнокислого натрия.

Дефекты, возникающие при оксидировании, описаны в табл. 60.

60. Дефекты оксидных покрытий на черных металлах

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Налет красно-рыжего цвета	Избыток щелочи Температура кипения превышает 150 °C	Раствор разбавить водой и довести температуру его кипения до 140 °C
Светлые пятна	Недостаток нитрита натрия	В раствор добавить 10—20 г/л нитрита натрия
Пятнистость	Недостаток щелочи	Добавить в раствор щелочь и довести температуру его кипения до 140 °C
Матово-черный стирающийся налет	Низкая концентрация раствора	Откорректировать раствор
Белый налет	Изделия плохо промыты	Улучшить промывку изделий

ОКСИДИРОВАНИЕ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Оксидирование производится электрохимическим либо химическим способом (табл. 61). Оксидное покрытие имеет черный цвет.

ФОСФАТИРОВАНИЕ СТАЛИ

Фосфатная пленка имеет темно-серый или черный цвет и кристаллическую структуру. Толщина фосфатной пленки колеблется от 7 до 50 мкм и зависит от механической обработки, способа подготовки поверхности к покрытию, а также от состава раствора и режима фосфатирования. Пленка является хорошим грунтом под лакокрасочное покрытие. Для повышения коррозионной стойкости пленки ее промасливают.

Для фосфатирования применяют препарат «Мажеф» (35 г/л). Его растворяют, отстаивают и определяют общую кислотность титрованием децинормальным раствором щелочи (от 16 до 60 мл на 10 мл раствора) в присутствии фенолфталеина. После декантации раствора определяют свободную кислотность титрованием децинормальным раствором щелочи (2—5 мл на 10 мл раствора) в присутствии метилоранжа.

При фосфатировании поддерживают температуру раствора, близкую к температуре его кипения. Процесс заканчивается после прекращения выделения водорода. Для ускорения процесса фосфатирования и понижения рабочей температуры раствора вводят различные добавки (табл. 62).

УДАЛЕНИЕ ДЕФЕКТНЫХ ПОКРЫТИЙ

На гальванических покрытиях не должно быть шероховатостей, темных пятен, дендритов, отслаиваний, непокрытых участков. Для исправления брака дефектное покрытие удаляется и наносится новое.

Удаление покрытий без заметного ухудшения качества поверхности детали можно проводить в растворах, составы которых приведены в табл. 63.

61. Растворы для оксидирования меди и ее сплавов

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжи- тельность об- работки, мин	Примечание
Едкий натр	125—200	80—95	10—20	Детали выдерживают 2—3 мин без тока, по- том 5 мин на аноде при плотности тока 0,1— 0,5 А/дм ² , после чего процесс электролиза идет при плотности тока 1,5—2,5 А/дм ²
Едкий натр Надсернокислый калий	50—100 15—30	55—65	5—10	Детали из латуни и бронзы предварительно меднятся на толщину 3—5 мкм
Основная углекислая медь 25 %-ный раствор аммиака	50 200 мл	18—25	20—30	Предназначен для оксидирования латуни

62. Растворы для фосфатирования

Состав	Содержание, г/л	Температура, °C	Продолжительность об- работки, мин	Примечание
Препарат «Мажеф» Азотнокислый цинк	30—35 55—65	85—95	10—25	Для углеродистых и низколегированных сталей
Азотнокислый цинк Цинк монофосфат Азотнокислый барий	10—20 8—12 30—40	75—85	10—15	Для деталей первого и второго классов точности, а также для пружин из углеродистых, низко- и среднелегированных сталей
Азотнокислый цинк Цинк монофосфат	42—50	85—96	10—25	
Ортофосфорная кислота	9,5—13,5	85—96	10—25	Для деталей первого и второго классов точности, а также для пружин из углеродистых, низко- и среднелегированных сталей
Азотнокислый цинк Цинк монофосфат Азотнокислый натрий	80—100 60—70 0,2—1,0	15—30	15—25	Для любых деталей, кроме точных, и пружин для кадмиевых и цинковых покрытий
Препарат КФЭ-1	—	90—95	8—20	Перед холодной деформацией

63. Растворы для удаления дефект

Вид покрытия	Материал основы	Состав раствора
Цинковое	Сталь	Серная кислота Кагацин К И I
Кадмиевое	Сталь медь и ее сплавы	Азотнокислый аммоний Азотнокислый аммоний Соляная кислота
Медное	Сталь	Хромовый ангидрид Сернокислый аммоний
Никелевое	Сталь в том числе с медным подслоем	Серная кислота (плотность — 1,84) Азотная кислота (плотность 1,41) Сернокислое закисное железо Азотная кислота (плотность 1,44) Фтористый натрий
	Медь и ее сплавы	Азотнокислый натрий Соляная кислота
Хромовое	Медь и ее сплавы, в том числе с никелевым подслоем Сталь	Соляная кислота Едкий натр
Оловянное в том числе наносимое химическим способом из сплава олово — цинк	То же Медь и ее сплавы	То же Соляная кислота (плотность 1,18) Оксид сурьмы Вода
Сплав олово — висмут	Сталь, медь и ее сплавы	Соляная кислота (плотность 1,19) Вода
Сплав олово — свинец	То же	Едкий натр
Сплав олово — никель	Медь и ее сплавы, сталь с медным подслоем	Ортофосфорная кислота (плотность 1,64)

ных металлических покрытий

Содержание компонента г/л	Температура обработки С	Примечание
50—100 3—5	15—30	Допускается замена серной кислоты соляной в том же количестве
450—550 100—150 10—12	15—30	—
250—300 100—120	15—30	Материал катода — нержавеющей сталь типа 1Х18Н9Т, плотность тока — 5—10 А/дм ² допускается при необходимости удаление химическим способом
1 объемная часть	15—30	Скорость растворения никелевого и медного покрытия — 1 мм за 30 мин плотность загрузки 1 дм ² /л
2 объемные части		
10—20	15—30	Скорость растворения покрытий — 1 мм за 10 мин
— 3—6		
300—400	15—30	Материал катода — свинец, плотность тока 5—10 А/дм ² допускается замена азотнокислого натрия концентрированной серной кислотой
100	15—30	Материал катода — свинец, плотность тока 2—3 А/дм ²
150—200	40—50	Допускается удаление покрытия со стальных деталей, соответствующих 5-му классу шероховатости
100—150	15—30	Материал катода — сталь, плотность тока 10—20 А/дм ²
500—100	60—70	Материал катода — сталь, плотность тока 3—5 А/дм ²
1 л 12 125 мл	15—30	Контактно выделявшаяся сурьма удаляется в 10 % ном горячем растворе щелочи
— —	50—60	Кислота смешивается с водой в соотношении 1:1, обработка однократная
60—80	60—70	Допускается удалять покрытие на аноде в ванне обезжиривания при плотности тока 3—5 А/дм ² , материал катода — сталь, плотность тока 2—3 А/дм ²
—	—	Удаляется под тягой в кипящей химически чистой кислоте

Вид покрытия	Материал основы	Состав раствора
Сплав медь — цинк (латунь)	Сталь	Азотная кислота (плотность 1,41)
Серебряное, в том числе наносимое химическим способом; из сплава серебро — сурьма; палладиевое	Медь и ее сплавы	Серная кислота (плотность 1,84) Азотная (плотность 1,41)
Золотое	Медь и ее сплавы, никель и никелевые сплавы	Серная кислота (плотность 1,84)
Родиевое	Медь и ее сплавы	Азотная кислота (плотность 1,41)
Окисное, наносимое способом анодирования	Алюминий Магний Титан	Ортофосфорная кислота (плотность 1,64) Хромовый ангидрид Едкий натр Фтористо-водородная кислота Азотная кислота
Окисное, наносимое химическим способом	Сталь Медь и ее сплавы Магний и его сплавы	Соляная кислота » Едкий натр
Окисно-фторидное	Алюминий и его сплавы	Азотная кислота (плотность 1,41) Вода Едкий натр
Окисно-фосфатное Фосфатное	Алюминий и его сплавы Сталь	Хромовый ангидрид Соляная кислота Серная кислота Едкий натр

Содержание компонента, г/л	Температура обработки, °С	Примечание
—	15—30	—
19 объемных частей 1 объемная часть	15—30 или 40—50	Детали завешиваются в сухом виде
—	15—30	Процесс ведется до полного падения тока; материал катода — свинец, плотность тока — 5—10 А/дм ² ; после снятия покрытия раствор разбавляется водой в соотношении (1 : 3) — (1 : 5) и сливается, осадок промывается до полного удаления сульфат-ионов, затем обрабатывается раствором азотной кислоты (соотношение 1 : 1), снова промывается и прокаливается в муфеле при температуре 900 °С в течение 30 мин
—	15—30	Происходит полное или частичное растворение металла основы, раствор разбавляется водой, родий в виде чешуек отфильтровывается, промывается царской водкой и водой; очищенный родий можно использовать для приготовления и корректирования электролита путем анодного растворения
35 мл 20	15—30	Время удаления покрытия — 10—20 мин
300—500	80—90	Время удаления покрытия — 2—3 мин
180—200 10—15	15—30	Время удаления покрытия — 2—5 с
150—200 50—100	15—30 15—30	Промасленные детали перед обработкой необходимо обезжирить; время снятия покрытия 2—3 мин
300—500	85	
—	15—30	Кислота смешивается с водой в соотношении 1 : 1
—		
50—100 100—150	15—30 90—100	— —
100—150 100—150 150—200	15—30 15—30 90—100	Удаление производится в одном из растворов

ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

Современный этап развития микроэлектроники характеризуется расширением совокупности технологических операций, обеспечивающих получение высоконадежных микросхем с большой степенью интеграции и необходимыми электрическими характеристиками.

Существенное место среди этой совокупности занимают химические и электрохимические операции, которые применяются на различных этапах производства. Например, химическая обработка полупроводниковых приборов в зависимости от их типа проводится для удаления механически нарушенного слоя полупроводника и очистки поверхности. В ряде случаев химическую и электрохимическую обработку применяют для получения заданного рельефа поверхности пластины, вытравливания окон в маскирующих слоях, получения контактных площадок и т. д.

Подготовка деталей к гальваническим покрытиям. Подготовка деталей микросхем к покрытию заключается в удалении с их поверхности различных загрязнений с помощью обезжиривания и травления химическими или электрохимическими способами. Детали микросхем (например, крышка корпуса, дно, выводная рамка и другие), изготовленные штамповкой или другими механическими способами, обезжириваются в четыреххлористом углероде. Если это не дает хороших результатов, детали обезжиривают в других веществах с учетом того, что минеральные масла растворяются в органических растворителях, а жиры животного и растительного происхождения — в щелочных растворах.

Электрохимическое обезжиривание поверхности деталей микросхем производят в электролите состав которого приведен в табл. 13 (состав 1). После обезжиривания детали промывают в горячей ($35-40^{\circ}\text{C}$) и холодной, проточной воде.

Для удаления оксидной пленки, образовавшейся при естественном окислении деталей на воздухе, поверхность деталей декапируют (травят) химическим или электрохимическим путем.

Детали из кобальта или стали последовательно травят в азотной и соляной кислотах, медные детали — в соляной кислоте. Время травления в азотной кислоте 3—4 с, а в соляной — 30—35 с (при комнатной температуре). Дека-

пирование стальных, коваровных и медных деталей производят в водном растворе соляной кислоты (1 : 1) в течение 4—5 с при комнатной температуре с последующей промывкой в горячей и холодной воде в течение 2—3 мин.

При подготовке поверхности деталей необходимо учитывать точность геометрических размеров деталей (до 0,1 мм). Поэтому при травлении должен строго выдерживаться технологический режим во избежание перетравливания металла.

Гальванические покрытия в производстве микросхем. В производстве полупроводниковых и интегральных микросхем на пластины, кристаллы и детали корпусов осаждают различного вида металлические покрытия. Основное их назначение состоит в создании выпрямляющего или невыпрямляющего контакта (тип контакта металла с полупроводником определяется характеристиками потенциального барьера, возникающего на их границе: в зависимости от природы осажденного металла можно получать тот или иной тип контакта) создании электродных выводов, токоведущих дорожек; в защите поверхности металлических деталей и корпусов от коррозии. Многослойные металлические покрытия наносятся для получения консольных и шариковых выводов.

Все материалы и компоненты, входящие в состав электролитов, должны удовлетворять требованиям марок ХЧ и ОСЧ.

В готовых электролитах не должно быть примесей, изменяющих состав осаждаемых пленок и их электрофизические свойства. Их необходимо приготавливать в керамической, стеклянной, винипластовой, фторопластовой и кварцевой посуде, что исключает попадание нежелательных примесей.

Так как обычная и даже дистиллированная вода содержит ионы различных металлов, для приготовления электролитов используют деионизированную воду.

Во избежание попадания в электролит примесей, обычно находящихся на поверхности анодов, перед началом процесса покрытие анодов подвергают травлению и тщательной промывке.

Никелирование деталей полупроводниковых микросхем. Для повышения поверхностей твердости, улучшения условий растекания припоя и защитно-декоративных качеств деталей полупроводниковых микросхем применяют два способа никелирования: химическое и электрохимическое.

Химическое никелирование обеспечивает восстановление никеля из водных растворов его солей гипосульфитом натрия (табл. 49, состав 3). Оптимальная толщина слоя никеля — 2—3 мкм. При этом обеспечивается необходимое смачивание и растекание серебряных и медно-серебряных припоев.

Детали из сплавов (молибденово-медных и вольфрамово-медных) перед покрытием никелем отжигают 60 мин в водороде при температуре 960 °С, последовательно обрабатывают в подогретом четыреххлористом углероде, травят 3—5 мин в соляной кислоте, активируют в течение 5—10 с в растворе хлористого палладия (табл. 52) при $\text{pH}=3\ldots 5$, а затем обрабатывают в растворе следующего состава, г/л:

Хлорид никеля	40—50
Гипофосфит натрия	15—25
Хлорид аммония	45—55
Цитрат натрия	40—50
pH	8—9

Процесс проводят при 70 °С. Затем детали из сплавов помещают в термошкаф, в котором при температуре 800 °С в течение 30 мин в атмосфере водорода вжигают никель с последующим повторным осаждением на поверхность химического никеля.

Если строго придерживаться описанной технологии осадок никеля будет светло-серебристого цвета с легким желтоватым оттенком, без подтеков и следов неотмытых солей.

Гальваническое никелирование обеспечивает получение более плотных осадков с повышенной адгезией. Состав электролита для гальванического никелирования приведен в табл. 32. Скорость осаждения равна 0,1—3,4 мкм/мин.

В полупроводниковом производстве широко применяются детали из керамики, с молибденово-марганцевой металлизацией. При молибденово-марганцевой технологии используют пасту, состоящую из 55 % металлического молибдена и 18 % марганца, 23 % оксида молибдена, 4 % порошкового стекла, 20 мл связующего и 22,5 мл амил-ацетата на 100 г шихты.

При температуре 1400 °С производят вжигание пасты в керамику в течение 25 мин в атмосфере водорода и азота, взятых в соотношении 1 : 2. При этом, получают слой толщиной 20—30 мкм.

Для обеспечения прочной адгезии никеля с молибдено-марганцевым слоем детали сначала подтравливают в 20 %-ном растворе плавиковой кислоты в течение 3—4 с, а затем электрохимическим способом осаждают никель в электролите следующего состава, г/л:

Сульфат никеля	250
Сульфат магния	25
Борная кислота	15
Лимонная кислота	2
Хлористый натрий	1

Осаждение проводят при температуре электролита 18—25 °С при плотности тока 0,5—1,0 А/дм² и рН = 5,2...5,8.

Золочение деталей изделий микроэлектроники. Золотое покрытие является одним из наиболее распространенных в микроэлектронике видов покрытий, использование которого оговаривается ОСТ4.021.202—85 (Драгоценные металлы и сплавы. Руководство по выбору. Ред. 1—73).

Применение золочения позволяет применять термокомпрессию в качестве способа присоединения к полупроводниковому кристаллу, посадки кристалла в корпус с обеспечением надежного контакта; проводить химическую обработку микросхемы в растворах, содержащих плавиковую, азотную и уксусную кислоты; улучшить электропроводность контактов и т. д.

В применяемых электролитах золочения имеются примеси из меди, цинка, олова, свинца и другие, в том числе металлов, из которых изготовлены покрываемые детали, аноды и монтажные приспособления. Присутствие перечисленных примесей в электролите влияет на качество осадка, вызывая изменения переходного сопротивления, цвета, износостойкости, твердости, эвтектических и других свойств. Например, содержание в растворе золочения более 0,1 % железа способствует появлению трещин в осадке, более 0,1 % свинца — увеличению пористости и ухудшению паяемости покрытия, более 0,04 % кобальта и никеля изменяет твердость. Присутствие углерода в растворе ухудшает блеск, повышает пористость и внутренние напряжения золотых покрытий, ухудшает свариваемость и паяемость. Наличие калия усиливает эрозию золоченых контактов.

Требования к золотым покрытиям следующие: твердость покрытия — не более 80 кГ/мм²; стойкость к кратковременному нагреву 450 °С — 2 мин и 380 °С — 8—10 мин; толщина слоя — не менее 3—4 мкм.

Составы электролитов золочения приведены в табл. 46.

В некоторых случаях (необходимость получения равномерного и плотного осадка на сложнопрофилированных деталях с толщиной пленки менее 5 мкм) используется химическое золочение в растворах, содержащих децианоурат калия и гипофосфит, в качестве восстановителя. Химическое осаждение золота проводится на подслое никеля, меди и ее сплавов, кобальта, сплавов молибден — марганец. Скорость осаждения золота на детали составляет 0,5—1 мкм/г и определяется температурой раствора и содержанием в нем золота.

Химические процессы, применяемые в тонкопленочной технологии. В производстве микроэлектронных схем, широко применяется тонкопленочная технология, на основе которой обеспечивается получение пассивных элементов на диэлектрических подложках, различных межсоединений.

В тонкопленочной технологии процессы химической и электрохимической обработки элементов используются в различных операциях: очистка поверхности подложек, травление пленки для создания микроэлектронных рельефов, изготовление многослойных металлических масок, повышение проводимости межсоединений.

Тонкие пленки наносятся на какой-либо носитель (подложку), который не должен взаимодействовать с пленкой. Подложка служит также проводником тепла, генерируемого пленкой. Свойства подложки должны быть совместимы с процессами осаждения и всеми процессами, применяемыми при обработке и изготовлении тонкопленочных схем. Особые требования предъявляются к качеству поверхности подложек, особенно к ее шероховатости.

Применяемые в технике пленки имеют толщину от 0,005 до 0,5 мкм, следовательно шероховатость поверхности подложек может оказать непосредственное влияние на технические параметры пленок. Например, неровности поверхности могут вызвать локальное усиление электрического поля в соответствующих точках пленки и, следовательно, ее пробой. В резистивных элементах, формируемых с помощью тонких пленок, эффективная длина пробега электронов зависит от степени поверхностной шероховатости и, что более важно, может меняться от точки к точке, если шероховатость неравномерна.

Для уменьшения шероховатости поверхности подложек, кроме механических способов, часто применяют грав-

ление подложек. Химический состав подложек и скорость травления приведены в табл. 64 и табл. 65.

64. Химический состав подложек, в %

Материал подложки	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	BaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
Поликор	—	—	—	—	99,8	0,1	0,1
Ситалл	70,5	14,6	7,2	0,7	2	—	5,0

65. Скорость травления подложек при 95 °С, мг/см², за 24 ч

Материал подложки	Травитель		
	HCl (5 %)	NaOH (5 %)	Na ₂ CO ₃ (0,1 %)
Поликор	0,001	2,8	0,12
Ситалл	0,02	2,0	0,4

Перед использованием подложки должны быть очищены до такой степени, чтобы оставшиеся загрязнения не препятствовали адгезии осаждаемых в вакууме пленок.

Очистка предполагает разрыв адсорбционных связей между подложкой и загрязнениями без нарушения поверхности самой подложки.

К растворителям, которые используются для химической очистки, предъявляется следующее требование: высокая чистота и растворенные загрязнения, остающиеся на поверхности должны легко удаляться в вакууме при нагревании до температуры 30—35 °С.

В качестве эффективных растворителей используют деионизированную воду, дистиллированную воду и изопропиловый спирт.

Существуют различные методы получения тонких пленок, но наиболее доступными с точки зрения применяемого оборудования и простоты технологии являются электролитическое и химическое осаждение тонких пленок на токонепроводящие материалы. В первом случае свойства осажденных пленок зависят от известных параметров гальванического процесса. Основным требованием к этому процессу является высокая чистота электролита, исключаящая присутствие в растворе посторонних примесей, которые могут адсорбироваться одновременно с металлом, влияя на свойства пленок.

При химическом осаждении в основном получают пленки из никеля, палладия и золота.

Для обеспечения плотного сцепления металла с подложкой в первом и во втором случае ее поверхность активируют в растворе хлористого палладия (табл. 52). Химическими методами осаждения пользуются, если необходимо осадить металл в труднодоступные места деталей, со сложным рельефом поверхности.

Для изготовления тонкопленочных электрических компонентов или отдельных схем необходимо создать геометрический рельеф на пленке. Рельеф может быть получен либо нанесением элементов на пленку методом осаждения с помощью графаретов, либо селективным удалением осажденной пленки с подложек при сохранении необходимого рисунка методами травления. В последнем случае участки схемы, защищаемые специальными веществами, например, фоторезистом, остаются на подложке, а незащищенные участки вытравливаются в растворителях.

Хороший травитель должен обладать высокой скоростью травления пленки, без подтравов фоторезиста и поверхности подложек. При всех прочих условиях, определяющих качество подготовки поверхности подложек, технологии нанесения, экспонирования, проявления фоторезиста и других, выбор травителя и режима его работы имеет первостепенное значение для получения геометрических размеров рельефа с заданной точностью.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Шлифовально-полировальные станки. Наибольшее распространение получили двусторонние полировальные двухшпиндельные станки моделей 3853 и 3А-852 с частотой вращения шпинделя от 1420 до 2850 об/мин. Для шлифования применяются шлифовальные круги из хлопчатобумажных длинноволокнистых тканей, фетра и войлока, на рабочую поверхность которых наносится абразивный порошок; для полирования — наборные круги из этих же материалов. Матирование производят дисковыми крацевальными щетками из проволоки с деревянным или металлическим основанием.

Средний диаметр крацевальной щетки составляет 250—350 мм.

Материал проволоки	Материал, подвергаемый крацеванию
Сталь ($\varnothing 0,05-0,30$ мм)	Чугун, сталь, бронза
Сталь нейзильбер ($\varnothing 0,015-0,25$ мм)	Никель, медь
Латунь, медь ($\varnothing 0,15-0,20$ мм)	Цинк, олово, медь, латунь
Латунь, нейзильбер ($\varnothing 0,10-0,15$ мм)	Серебро
Латунь ($0,05-0,15$)	Золото

Барабаны и колокола. В барабанах шлифуются и полируются мелкие детали, не требующие высокой чистоты обработки.

Эффективность шлифования и полирования в барабанах и колоколах определяется следующими факторами: соотношением масс обрабатываемых деталей и абразивных материалов; составом и свойствами последних; частотой вращения барабана; составом и температурой раствора (в случае

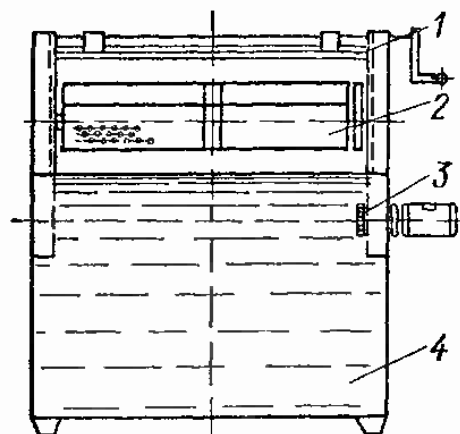


Рис. 4. Схема перфорированного барабана:

1, 3 — механизмы подъема и вращения; 2 — барабан; 4 — ванна.

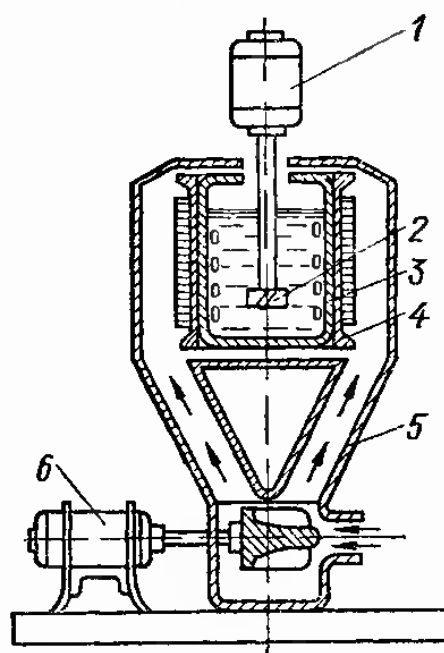


Рис. 5. Схема магнито-гидроабразивного барабана:

1 — электропривод мешалки; 2 — многолопастная мешалка; 3 — сосуд с рабочим раствором; 4 — статор; 5 — корпус барабана; 6 — электропривод перекачки охлаждающего раствора.

мокрой обработки).

Конструктивно барабаны подразделяются на консольные, герметические, перфорированные, специальные. Объем барабанов колеблется от 1 до 300 дм³. Детали, загружаемые в барабаны, должны занимать не более половины объема барабана.

Наибольшее распространение получили перфорированные барабаны (рис. 4). В стенках этих барабанов просвер-

лены отверстия диаметром 2,5—4 мм с шагом 6—10 мм, обеспечивающие свободное поступление раствора в барабан при опускании его в ванну.

В настоящее время для шлифования и полирования применяются специальные магнитно-гидроабразивные барабаны (рис. 5). В корпус барабана, представляющий собой статор с трехфазной обмоткой, вставлен сосуд из изоляционного материала, плотно прилегающий к стенкам корпуса. В сосуд загружаются детали и заливается рабочий раствор. При включении источника питания электрический ток создает в обмотке статора вращающееся магнитное поле, под действием которого детали концентрируются у стенок сосуда. В свободное пространство последнего опускается многолопастная мешалка. Вращаясь в сторону, противоположную движению деталей, она направляет рабочий раствор (табл. 66) навстречу им.

66. Растворы для шлифования и полирования

Состав	Содержание, г/л	Продолжи- тельность об- работки	Шероховатость <i>Ra</i>	
			до обра- ботки	после обработ- ки

Ш л и ф о в а н и е

Карборунд или корунд № 40—25	500	2—3,5 мин	6,3—3,2	0,4—0,2
Щавелевая кислота	15—25			

П о л и р о в а н и е

Хлористый натрий	40—60	0,5—1 ч	0,4—0,2	0,10—0,05
Нитрид натрия	15—25			

В результате достигается равномерная обработка поверхности.

Производительность таких барабанов в 12—15 раз выше производительности перфорированных барабанов.

Оборудование для электролитического полирования. На рис. 6 приведена схема установки для биполярного непрерывного электролитического полирования ленты и проволоки. В этой установке проволока или лента, не соприкасаясь с металлическим контактом, проходит через первый и второй электролизеры, заполненные соответственно обезжиривающим и полирующим растворами. К элек-

тродам первого электролизера подключается положительный полюс источника постоянного тока, к электродам второго — отрицательный. Проволока, проходя через первый электролизер, обезжиривается и поляризуется катодно, во втором электролизере — поляризуется анодно и полируется.

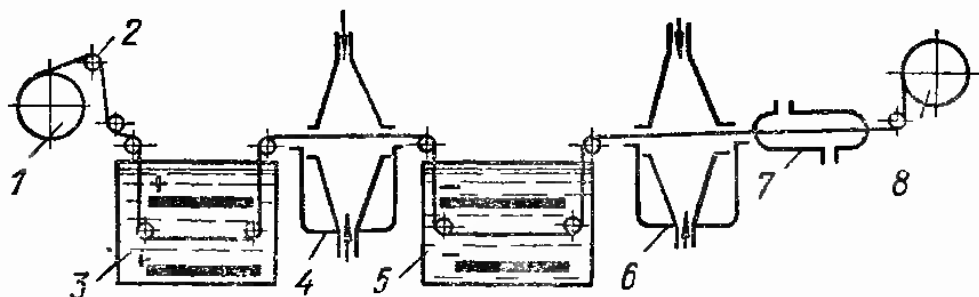


Рис. 6. Схема установки для непрерывного электролитического полирования ленты и проволоки.

1 — подающее устройство, 2 — направляющий ролик, 3, 5 — первый и второй электролизеры, 4, 6 — первая и вторая промывочные ванны; 7 — сушилка 8 — намоточное устройство

Биполярный способ позволяет проводить непрерывное электролитическое полирование очень тонких лент (1,8—2,0 мм) без прожогов.

Для полирования используется электролит, состоящий из 800 мл/л ортофосфорной кислоты (плотность 1,6), 200 мл/л серной кислоты (плотность 1,84) и 150 г/л кристаллического хромового ангидрида. Обработка ведется в течение 20—25 с при плотности тока 15—20 А/м² и температуре раствора 60—80 °С.

Скорость полирования проволоки и ленты в таких установках достигает 0,17—0,34 м/с.

Установки для химической подготовки поверхности. Для очистки поверхности от различных жировых загрязнений детали промываются в трихлорэтилене или обрабатываются ультразвуком.

В первом случае детали сначала помещаются в ванну с трихлорэтиленом, нагретым до температуры 40—50 °С, затем транспортируются в камеру, где в результате конденсации на них паров трихлорэтилена происходит окончательная очистка поверхности.

Моечный агрегат снабжен регенерационной установкой, в которой загрязненный трихлорэтилен перегоняется, очищается и снова подается в моечную камеру.

Установка оборудуется вентиляционным устройством и специальными затворами, обеспечивающими полную ее герметизацию. Детали подаются в установку механически через специальное окно в металлических корзинах. В верхней части установки находится камера для охлаждения паров трихлорэтилена.

При наличии на деталях сложной конфигурации глухих отверстий малого диаметра, а также длинных узких каналов, где циркуляция обезжиривающего раствора затруднена или полностью исключена, целесообразно применять ультразвуковую очистку поверхности (схема установки приведена на рис. 7).

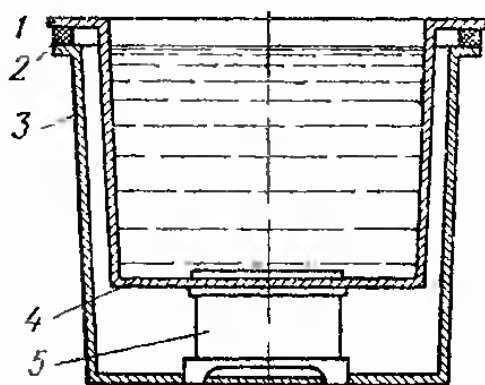


Рис. 7. Схема установки для ультразвуковой очистки деталей:

1 — ванна; 2 — амортизатор; 3 — корпус; 4 — магнитострикционный преобразователь ПМ-1,5; 5 — кожух преобразователя.

Источниками электрической энергии, питающими ультразвуковые преобразователи, являются высокочастотные электрические генераторы типа УЗГ-10М, УЗГ-2,5, УЗМ-10, УГ-32 и др.

В табл. 67 приведены технические характеристики ультразвуковых генераторов, наиболее часто применяемых в гальваническом производстве.

67. Технические характеристики некоторых ультразвуковых генераторов типа УЗГ

Генератор	Мощность, кВт		Генераторная лампа	Количество преобразователей	Расход охлаждающей воды, дм ³ /мин
	потребляемая	выходная			
УЗГ-10М	18,0	9,0	ГУ-10А	4	16
УЗГ-6	12,0	6,0	ГУ-5А	2	16
УЗГ-2,5	6,5	2,6	ГУ-5А	1	8

Примечание. Во всех случаях частота, ток подмагничивания и напряжение питающей сети соответственно равны 18—24 кГц; 0—40 А; 220/380 В; преобразователь — ПМС-6М.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Основным оборудованием для нанесения покрытий являются стационарные ванны. Для экономии производственных площадей и уменьшения затрат ручного труда в последнее время стационарные ванны заменяются полуавтоматическими механизированными установками и гальваническими автоматами универсального типа.

Полуавтоматическая механизированная линия для нанесения покрытия представляет собой комплект ванн, установленных в определенной технологической последовательности. Операции загрузки, выгрузки и переноса деталей из ванны в ванну осуществляются с помощью самоходного электротельфера или кранбалки. Это позволяет увеличить полезную высоту и применить трехкатодную конструкцию ванны и тем самым увеличить полезную площадь гальванического цеха и повысить производительность оборудования.

Преимущество универсального гальванического автомата по сравнению с механизированным полуавтоматом состоит в том, что он позволяет обрабатывать детали любых конфигураций и размера как на подвесках, так и в барабанах и колоколах: менять электролиты и режимы отдельных технологических операций; корректировать электролит в любой ванне без остановки всего агрегата; компоновать автомат в зависимости от технологической необходимости и имеющейся производственной площади; автоматизировать управление гальванической линией по определенной программе с помощью специального программного устройства или ЭВМ.

В настоящее время используются несколько видов гальванических автоматов: однопроцессные кареточные линии типа АГ-35 и АГ-37 с жестким единичным циклом, многопроцессные автооператорные линии АГ-24, АГ-38, АГ-42 с автооператорами консольного типа (табл. 68), гальванические автоматические линии АЦП-5М, АЛГ-57, АЛГ-70 с автооператорами тельферного или партального типа и др.

На кареточной автоматической линии изделия обрабатываются на подвесках или в барабанах. Применение этих линий дает возможность изменять толщину покрытия путем изменения цикла работы линии или технологического режима обработки.

68. Основные параметры гальванических линий типа А1

Линия	Производительность при обработке изделий на подвесках, м ² /ч, по типоразмерам ванн			Масса изделий в барабане кг	Скорость перемещения автооператора, м/мин		Грузоподъемность автооператора, кг
	1	2	3		горизонтального	вертикального	
АГ-24	25	17	5,0	30	13,5	7,5	100
АГ-35	25	—	—	5	—	9,0	5
АГ-37	140	—	—	—	—	9,0	10
АГ-38	2	1	0,5	10	13,0	12,5	15
АГ-42	100	—	20,6	30	22,0—44,0	12,5—25,0	150

Кареточные линии komponуются из унифицированных узлов (ОСТ4.ГО.064 000) и имеют овальную форму

Автооператорные линии применяются для обработки изделий на подвесках и в барабанах (рис. 8) Эти линии дают возможность изменять в широких пределах (от 8

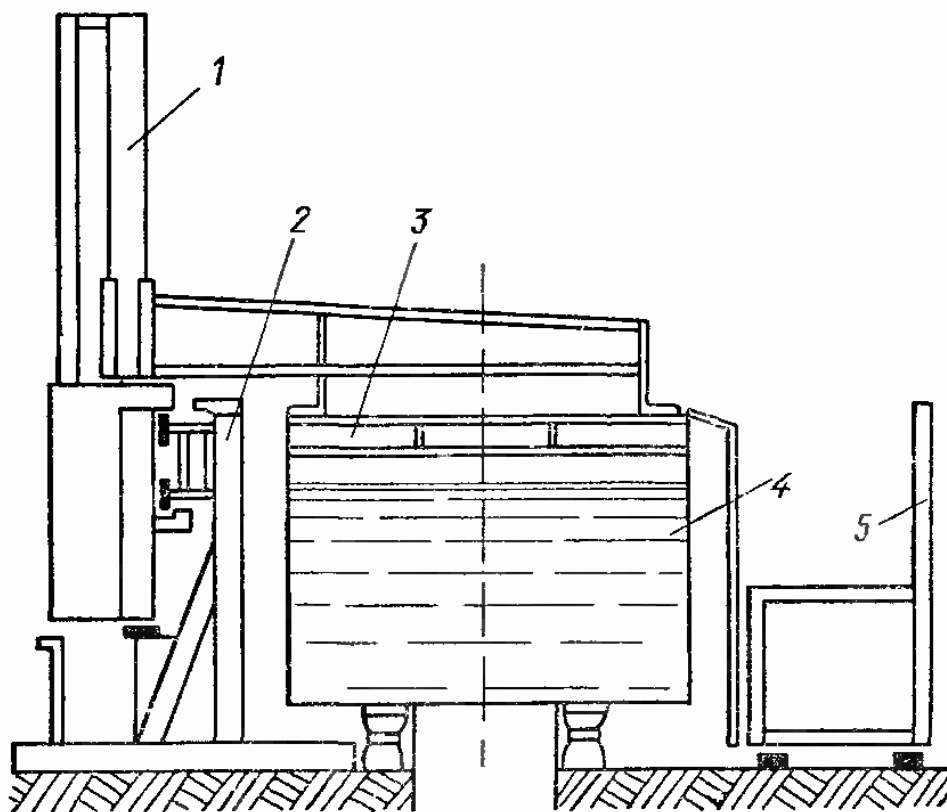


Рис. 8. Схема агрегированной автоматической линии типа АГ-42

1 — автооператор, 2 — металлоконструкция, 3 — бортовой отсос, 4 — ванна, 5 — мостки для обслуживания.

до 240 мин) время выдержки изделия в любой основной ванне, а также переходить из новую технологическую схему обработки

В зависимости от производственных и технологических условий применяются различные варианты исполнения автоматических гальванических линий (рис. 9)

Компоновка автомата по овальной схеме исключает необходимость возвращения кагодных штанг и барабанов с места разгрузки на место загрузки, тем самым повышая производительность линии

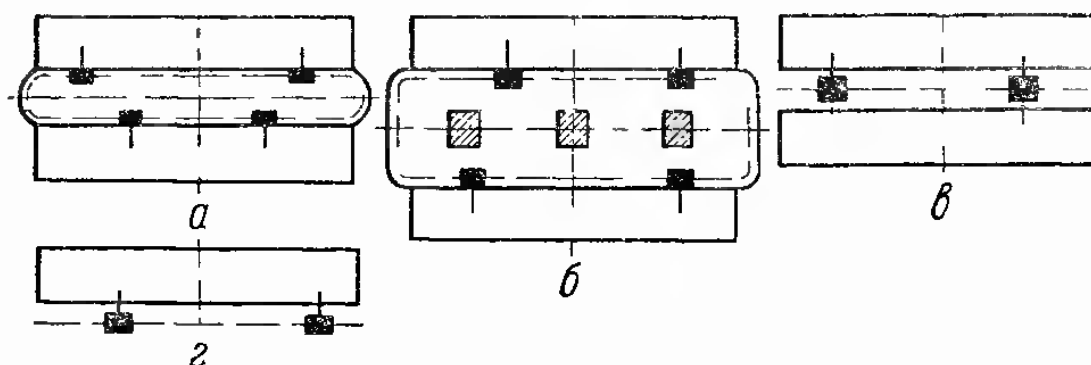


Рис. 9. Схема овальной (а), овальной раздвинутой (б), двухрядной (в) и однорядной (г) прямолинейных автоматических линий.

Автомат, собранный по овально-раздвинутой схеме, используется тогда, когда особенности производственного помещения (например, наличие густой сетки колонн) препятствуют размещению узлов автомата по овальной схеме.

Если производственные площади ограничены, автоматические линии целесообразно устанавливать по двухрядной прямолинейной схеме. В этом случае детали обрабатываются в барабанах со временем выдержки их в основных ваннах свыше 1 ч. Компоновка автомата по однорядной прямолинейной схеме обеспечивает наибольший коэффициент съема продукции с 1 м² производственной площади.

Каждая автоматическая линия имеет пульт управления и сигнализации, на котором размещены пусковые кнопки, световое табло, регистрирующее начало процесса в той или иной основной ванне и местонахождение автооператора на линии, кнопки ручного управления автооператором

Выпрямительные агрегаты для питания гальванических ванн. Для питания ванн как в стационарных, так и в

автоматических гальванических линиях используются различные выпрямительные агрегаты.

В последние годы в гальваническом производстве преимущественно применяются выпрямительные агрегаты типов ВАК (ТУ 16—529.403—75), ТВ1 и ТВР1 (ТУ 16—729.313.81) и ТЕ1 (ТУ 16 729.174—79).

Выпрямительные агрегаты типов ВАК, ВАКР, ВАКРМ, ТВ1-1600/12Т-ОУХЛ4 и ТВР1-1600 12Т-ОУХЛ4

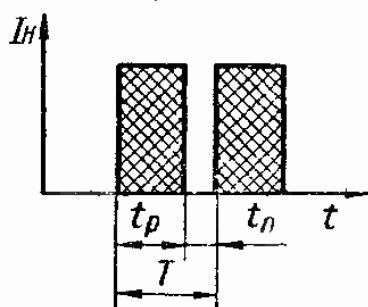


Рис. 10. Временная диаграмма работы импульсного источника питания.

предназначены для питания электролитических ванн гальванических цехов, ТЕ1-800/48Н-9У4 — для питания станков аподно-механической резки металлов. Агрегаты допускают ручное плавное регулирование выпрямленного напряжения; автоматическую стабилизацию выпрямленного напряжения, тока, плотности тока; точность стабилизации напряжения и тока $\pm (3-5 \%)$, плотности тока $\pm 10 \%$. Напряжение питающей сети — $380 \pm 10 \%$,

частота — 50 Гц, число фаз — 3 с нулем (для ТЕ1-800/48Н-9У4 — число фаз — 3, режим работы непрерывно-импульсный).

Недостатком таких агрегатов является то, что минимальное напряжение, которое можно на них установить, составляет 25 % номинального. Таким образом, регулирование выпрямленного тока начинается не с нуля, а с определенной величины, которая иногда бывает больше, чем необходимо для загрузки деталей.

На рис. 10 представлена временная диаграмма работы импульсного источника питания гальванических ванн, разработанного Киевским политехническим институтом и внедренного в производство. Ниже приведены технические параметры импульсного источника:

Номинальная мощность, кВт · А	Не более 1,8
Среднее значение выпрямленного тока, А	200
Номинальное напряжение, В	6
Частота следования импульсов, Гц	10
Напряжение питающей сети, В	$380 \pm 10 \%$
Число фаз сети	3 с нулем
Диапазон ограничения уставок по току	От 20 до 200
Температура окружающей среды, °С	1—35
Относительная влажность при 25 °С, %	Не более 80
Масса, кг	Не более 45

Применение импульсного источника, в частности, в процессе покрытия деталей в медном электролите, позволило увеличить плотность тока в 2,5—3 раза, что увеличило производительность используемой ванны в несколько раз при хорошем качестве покрытия.

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Гальваническое производство характеризуется многостадийностью, использованием большого количества разнообразного оборудования и влиянием большого количества параметров на ход технологического процесса.

Источниками информации о состоянии технологического процесса являются датчики, о местонахождении автооператоров на гальванической линии — путевые конечные выключатели, установленные на каждой ванне автомата.

ЭВМ обрабатывает и хранит в памяти исходную информацию о деталях, поступающих для нанесения покрытия; определяет начальные параметры технологического процесса (обработки технологических карт, циклограмм и другой документации); контролирует и анализирует процесс путем обработки данных непрерывного и периодического контроля его параметров; выбирает оптимальный режим работы оборудования при различных параметрах процесса вырабатывает управляющие сигналы для исполнительных органов, регулирующих основные параметры процесса и перемещающих автооператоры гальванических автоматов.

В автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУТП) нанесения гальванических покрытий (рис. 11) используется ЭВМ АСВТМ-6000. В нее поступает информация от датчиков и приборов, нормированная в соответствии с принятыми диапазонами изменения входных величин при вводе их в машину.

По заданным алгоритмам ЭВМ анализирует ход процесса, сравнивая текущие значения параметров с нормированными, по критерию минимального времени рассчитывает его оптимальный режим и вырабатывает корректирующие сигналы для установки оптимальных значений параметров. Одновременно отрабатывается программа транспортировки деталей с учетом скорректированных значений «выдержек» времени. С учетом максимальной

производительности линии обеспечивается гибкое корректирование процессов покрытия и транспортировки

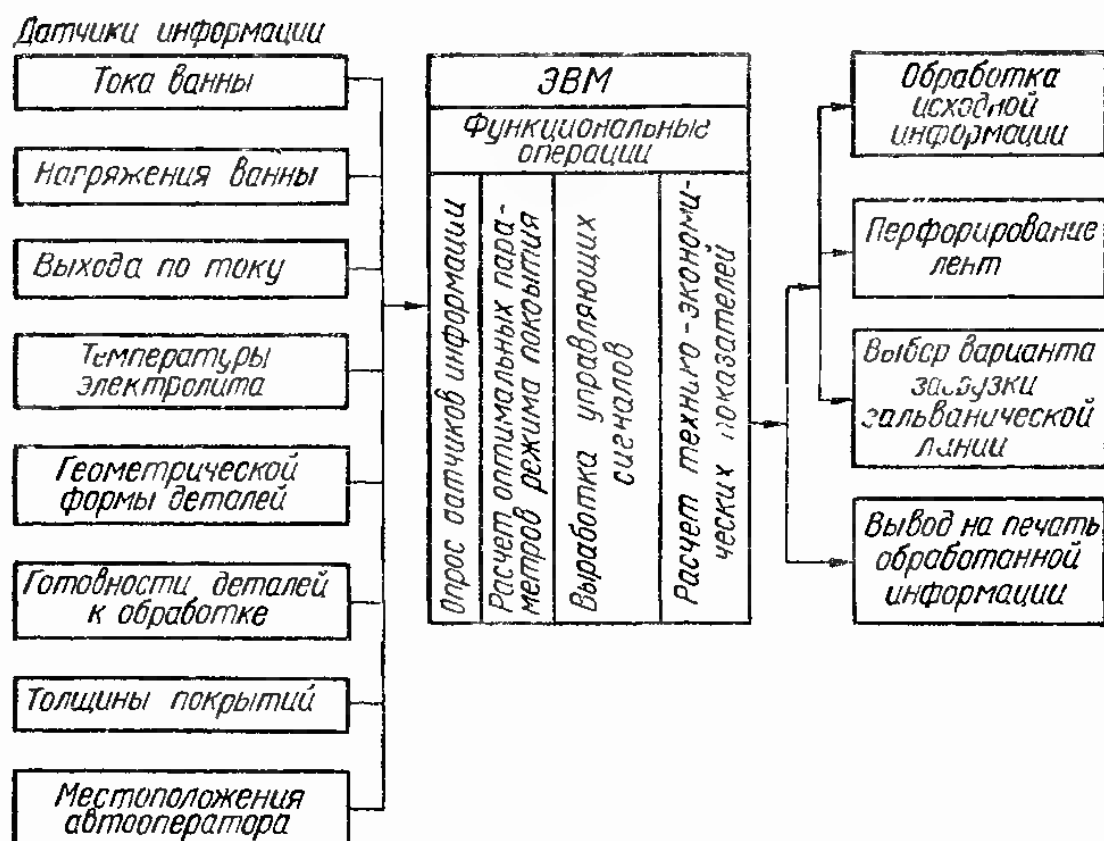


Рис. 11 Структурная схема автоматизированной системы управления гальваническим процессом

Контролируемыми и регулируемыми параметрами процесса являются температура, уровень и величина рН электролита, ток, выход металла по току. Остальные параметры непосредственно не контролируются, их изменение учитывается косвенно (расчетным путем).

В качестве датчиков и приборов для контроля, измерения и регулирования уровня, температуры и рН электролита могут применяться различные типовые устройства, приспособленные для работы в автоматизированной системе ЭВМ.

ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Основой повышения производительности гальванического оборудования и улучшения качества покрытий является получение объективной информации о технологических параметрах процесса осаждения металла.

Устройство для контроля выхода по току. Питание устройства осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Потребляемая мощность не превышает 60 Вт. Погрешность измерения составляет не более $\pm 3\%$. Масса устройства — 8 кг, его габаритные размеры с датчиком — $395 \times 345 \times 245$ мм. Измерение проводится при плотности тока 0,3—3 А/дм².

Устройство состоит из датчика информации, генератора опорной частоты, преобразователя, усилителя низкой частоты, дискриминатора, стабилизатора тока и блока автоматического управления временем измерения.

Работа устройства заключается в следующем. Нажимом кнопки на передней панели устройства подается питание на катушку реле времени. Последнее включает питание промежуточного реле, которое замыкает цепь контрольная пластинка — катод. Пластинка начинает покрываться металлом. По истечении выбранного промежутка времени срабатывает реле времени, которое обесточивает промежуточное реле и тем самым размыкает цепь контрольная пластинка — катод. Осаждение металла на пластинке прекращается. Одновременно реле времени отключает лампочку, сигнализирующую о длительности измерительного периода.

Устройство для измерения массы осажденного металла. Принцип работы устройства основан на известном законе Фарадея, устанавливающем количество металла, осаждаемого в гальванической ванне в процессе покрытия за 1 А · ч при 100 %-ном выходе по току.

Устройство характеризуется высоким коэффициентом полезного действия и большим сроком службы. Оно надежно работает в условиях повышенной влажности, в широком диапазоне температур, различных вибрациях и т. д.

Устройство позволяет измерить массу осажденного металла при нагрузке 0,5—50 А. Погрешность измерения не превышает $\pm 5\%$. При реверсировании тока питания ванны время прямой и обратной полярностей равно соответственно 10 и 1 с. Цена деления шкалы счетчика составляет 1 г.

Питание устройства осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц $\pm 0,5\%$ и напряжением 220 В $\pm \pm 20\%$. Потребляемая мощность равна не более 16 В · А. Размеры устройства — $328 \times 255 \times 218$ мм, масса 8,5 кг.

Устройство для контроля количества осаждаемого золота. В настоящее время разработано устройство для

The diagram shows a control system with the following components and connections:

- Block 2** is connected to **Block 1**.
- Block 1** is connected to **Block 3**.
- Block 3** is connected to **Block 4**.
- Block 4** is connected to **Block 5**.
- Block 5** is connected to **Block 7**.
- Block 7** is connected to **Block 6**.
- Block 6** is connected to **Block 8**.
- Block 8** is connected to **Block 9**.
- Block 9** is connected to **Block 3**.
- Block 8** is connected to **Block 1**.
- Block 7** is connected to **Block 1**.

The input signal, labeled "Вход с шунта" (Input from shunt), enters **Block 1**.

1 — преобразователь напряжения в частоту; 2, 6—9 — блоки питания, цифровой индикации, запрета, автоматического переключения и сигнализации, температурной компенсации; 3 — формирователь импульсов; 4 — многопредельный делитель частоты; 5 — делитель частоты.

Выход по току при различных условиях определялся в соответствии с методом медного кулонометра по формуле

$$\eta = \frac{a_3 31,785 \cdot 100}{b_M \vartheta_a},$$

Исходные данные для определения среднего выхода по току для исследуемого электролита приведены в табл. 69.

Процесс твердого золочения идет при строго определенной температуре (30 °С). Колебание температуры влияет на ход процесса и, следовательно, на качество покрытия.

69. Выход по току при различных условиях электролиза *

Изделие	Масса, г		Изменение массы, г	Выход по току, %
	до покрытия	после покрытия		
Эталон	12,9821	13,2715	0,2894	37,9
Образец	12,9600	13,0840	0,1240	
Эталон	12,8767	13,1912	0,3145	38,2
Образец	13,1249	13,2580	0,1337	
Эталон	12,8475	13,1517	0,3042	38,4
Образец	13,0105	13,2995	0,2890	
Эталон	13,0105	13,2995	0,2890	38,6
Образец	12,7870	12,9000	0,1130	

* Плотность тока 0,6 А/дм²; температура электролита 30 °С; продолжительность обработки 30 мин.

тия. Выход по току зависит от температуры электролита (рис. 13, б), причем изменение температуры на 1 °С приводит к изменению выхода по току на 1—1,5 %. Таким образом, если температуру электролита не поддерживать на заданном уровне, то толщина осадка не будет соответство-

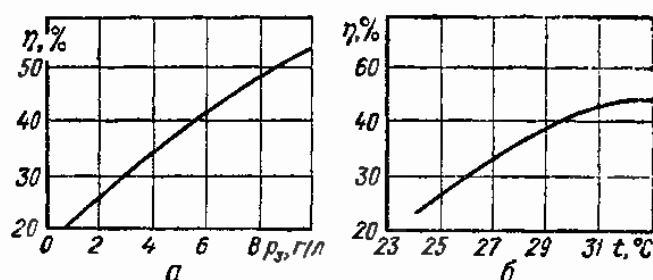


Рис. 13. Кривая зависимости выхода по току от концентрации золота в электролите (а) и температуры электролита (б).

вать технологическим требованиям. Поэтому в устройстве предусмотрено также приспособление, реагирующее на изменение температуры электролита и корректирующее скорость осаждения металла в соответствии с изменением выхода по току.

Габаритные размеры устройства — 420 × 250 × 450 мм. На его передней панели установлены счетчики разового и суммарного отсчета количества золота, осаждаемого в гальванической ванне. Для удобства эксплуатации все ручки управления также вынесены на переднюю панель. Здесь расположены тумблеры включения питания

и отключения звукового сигнала, сигнальные лампы, фиксирующие начало отсчета и включение питания.

Устройство работает следующим образом. Изменение тока в ванне после загрузки деталей и, следовательно, напряжения на пункте регистрируются блоком переключения шунтов и схемой преобразователя напряжения в частоту. В зависимости от силы тока в пепь ванны автоматически включаются один шунт и несколько делителей частоты, которые отрегулированы для работы в определенном диапазоне токов. Сигнал после деления частоты подается на усилитель, нагруженный на реле для включения счетчиков суммарного и разового отсчета.

Частота следования импульсов включения реле подобрана таким образом, чтобы счетчик показывал 1 мг в единицу времени при заданном выходе по току. Если температура электролита в процессе электроосаждения изменилась по сравнению с требуемой, то изменением величины выходного сигнала скорость отсчета количества осаждаемого металла корректируется так, чтобы погрешность измерения находилась в заданном пределе (табл. 70).

70. Точность измерения осаждаемого золота в зависимости от режима обработки

Ток, мА	Темпе- ратура элек- троли- та, °С	Масса детал., г		Измене- ние мас- сы дета- ли, г	Показа- ния счетчи- ка	По- греш- ность, %
		до по- крытия	после по- крытия			
110	31	3,2706	3,2705	0,099	0,098	1,02
110	30	3,3441	3,4525	0,1084	0,107	0,30
216	28	3,4610	3,5776	0,1166	0,116	1,00
324	30	3,7143	3,8120	0,0977	0,108	1,03
432	31,5	5,2168	5,3417	0,1249	0,126	0,88
870	29	5,1345	5,1989	0,0641	0,064	1,00
960	30	5,5258	5,5950	0,0692	0,069	1,01

Если количество золота на деталях достигает 0,999 г, срабатывает звуковая сигнализация, напоминающая о необходимости корректировки электролита по золоту.

Устройство для контроля и регулирования плотности тока. В настоящее время используются автоматические регуляторы плотности тока, в основном, двух типов: регуляторы с одним или несколькими эталонными датчиками, установленными на катодной штанге, и регуляторы, работающие по методу вольт-амперных характеристик,

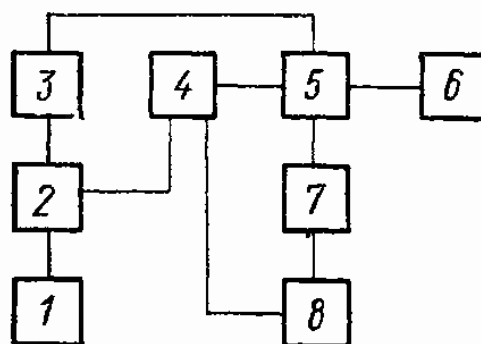
Оба типа регуляторов применяются для контроля средней плотности тока. Погрешность измерений составляет 17—30 %.

Регуляторы первого типа непригодны для электролитов с низкой рассеивающей способностью, регуляторы второго типа — для электролитов, где анодная и катодная поляризация при изменении плотности тока значительно меняется.

Описываемое устройство (рис 14) представляет собой универсальную установку, обеспечивающую автоматическое выполнение следующих операций: определение площади погруженных в ванну деталей, контроль и регулирование тока ванны по заданной плотности тока, а также выдержки обработки и выключения источника питания после окончания процесса.

Рис. 14. Структурная схема устройства для автоматического контроля плотности тока:

1—7 — соответственно блоки фиксирования времени переходного процесса, определения площади деталей, выставления опорного напряжения, сравнения напряжений, выставления заданной плотности тока, изменения тока ванны, дистанционной регулировки напряжения источника питания; 8 — источник питания.



Для расчета площади загруженных деталей используется метод вольт амперных характеристик, при котором напряжение источника питания считается постоянной величиной, а ток ванны определяется как функция площади загруженных деталей. Метод позволяет получить однозначную зависимость общего тока ванны от площади обрабатываемых деталей. Электрические сигналы, соответствующие определенной площади, после преобразования являются исходной информацией для расчета необходимого тока ванны в зависимости от требуемой его плотности.

При определении площади деталей в гальванической ванне напряжение источника питания необходимо выбрать таким, чтобы сила тока в начале измерения была достаточно большой, что соответствует большой крутизне вольт-амперной характеристики. В конце измерения она не должна превышать номинальную силу тока для полностью загруженной гальванической ванны.

Поскольку вольт-амперные характеристики для деталей различной конфигурации отличаются друг от друга, необходимо перед обработкой группировать их. Перед включением устройства для каждой группы деталей снимаются обобщенные вольт-амперные характеристики, которые закладываются в память устройства.

Приспособление для определения площади загруженных деталей включает в себя прибор, регистрирующий изменение напряжения на прецизионном сопротивлении (шунте) при изменении тока в ванне. Таким прибором является электроинный потенциометр типа ЭВП-2 с вращающимся цилиндрическим циферблатом.

Источник питания ванны собирается на магнитных усилителях по Т-образной компенсационной схеме.

Описанное устройство разработано для цианистого электролита. Оно может быть использовано также и для других электролитов, однако это потребует изменения формы потенциометра и напряжения на стабилизаторе.

Устройство питается от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, потребляемая мощность составляет не более 350 Вт, погрешность измерения не превышает $\pm 7\%$ при продолжительности процесса до 60 мин. Устройство используется для контроля и регулирования плотности тока в диапазоне 0,3—2 А/дм². Габаритные размеры устройства 750 × 400 × 350 мм, масса — не более 50 кг.

Контроль состава электролита. При автоматическом контроле состава электролита широко используется метод определения рН по величине статического потенциала индикаторного электрода. При этом индикаторный и эталонный электроды погружаются в контролируемый электролит и измеряется разность потенциалов между ними. Зная потенциал индикаторного электрода, определяют состав электролита.

Методом измерения электрических потенциалов определяется концентрация водородных ионов в растворе с помощью рН-преобразователей. Основные технические характеристики преобразователя рН-261 приведены ниже:

Пределы измерения	1—14
Диапазон измерения	1; 2,5; 5; 10
Продолжительность замера, с	10
Сопротивление электрода, МОм:	
стеклянного	1000
вспомогательного	0,020
Выходной ток, мА	0—5
Выходное напряжение, мВ	0—50

Напряжение питания, В	220
Частота, Гц	50
Потребляемая мощность, В·А	20
Габаритные размеры, мм	250×230×238
Масса, кг	10

Промышленный преобразователь повышенной точности рН = 261 представляет собой устройство, преобразующее электродвижущую силу системы в постоянный ток. Преобразователь предназначен для электролитов, величина рН которых быстро меняется в процессе электролиза, а также для электролитов, чувствительных к незначительному колебанию рН, например при никелировании (особенно блестящем) или при кислот цинковании (табл. 69).

71. Значения рН в зависимости от диапазона измерения

Диапазон измерения	Зона			Цена деления шкалы
	кислотная	нейтральная	щелочная	
До 1	0—1	5—6	10—11	0,04
До 2,5	0—2,5	5,5—8	11—13,5	0,10
До 5	1—5	4—9	9—14	0,20
До 10	0—10	2—12	4—14	0,40

Прибор имеет потенциальный и токовый выходы для подключения вторичных показывающих устройств.

Преобразователь рН-261 может использоваться в комплекте с датчиками ДП₂-5274/75, ДПг-4, ДПр-3, ДМ-5 и применяться в системе контроля и управления с помощью ЭВМ.

Устройства для регулирования температуры. Манометрические термометры типа ТПП-СК и ТПГ-СК (рис. 15) компактны, отличаются точностью измерения и простотой в эксплуатации.

Принцип работы термометра состоит в следующем. Изменение температуры среды воспринимается заполнителем через термобаллон и преобразуется в давление, под действием которого манометрическая трубчатая пружина перемещает стрелку относительно шкалы.

В качестве датчиков электрического сигнала используются два электроконтакта 4, 8, один из которых выдает минимальное значение температуры, другой — максимальное.

Устройства для контроля толщины гальванического покрытия. Среди существующих приборов для измерения толщины покрытия особое место занимают приборы, производящие замеры с использованием отраженных β -лу-

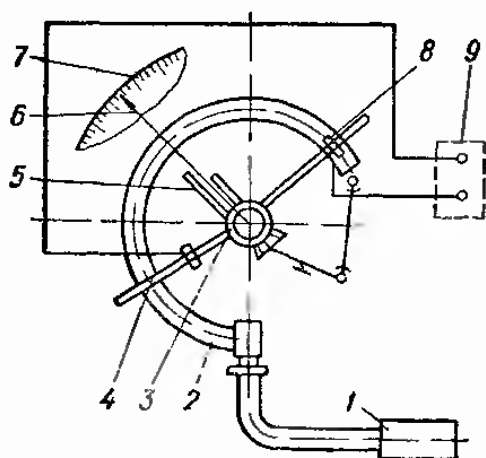


Рис. 15. Принципиальная схема манометрического термометра:

1 — термобаллон; 2 — манометрическая пружина; 3 — трубка; 4, 8 — предельные контакты; 5 — ведущий поводок; 6 — стрелка; 7 — шкала; 9 — выход.

чей. Эти приборы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими толщиномерами. Они обладают более высокой точностью, позволяют проводить измерения на весьма малых площадях и в случаях, когда толщина покрытия больше толщины подложки, применяют для различных сочетаний покрытие — подложка. Основные технические характеристики прибора с использованием β -лучей приведены ниже.

Параметры измерения:

диапазон, мкм	0—150
площадь, мм ²	0,5—3,5
продолжительность, с	1—1000
погрешность, мкм	0,05—0,80
Напряжение переменного тока, В	220±10 %
Частота, Гц	50±1
Потребляемая мощность, В·А	70

Особенно эффективно применение таких приборов для определения толщины покрытия из драгоценных металлов. Их можно использовать также для измерения толщины других видов покрытий на подложках, атомный номер материала которых отличается от атомного номера материала покрытия более чем на две единицы.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сточные воды гальванических цехов подразделяются на три группы:

1. Цианосодержащие щелочные сточные воды, сбрасываемые после цианистого меднения, цинкования, кад-

мирования и др. Концентрация цианидов (общих) в промывочных сточных водах колеблется в пределах 5—30 мг/л, рН этих стоков составляет 7,5—9, концентрация цианидов (общих) в периодически сбрасываемых отработанных водах достигает 100 мг/л.

2. Хромсодержащие кислые сточные воды, сбрасываемые после хромирования, пассивации и др., содержат хроматы, в которых концентрация хрома (в пересчете на шестивалентный хром) равна 80—120 мг/л, рН колеблется от 2 до 6, концентрация шестивалентного хрома достигает 200 г/л.

3. Кислые и щелочные сточные воды, сбрасываемые после травления, электрополирования, а также после покрытий в кислотных и щелочных средах. Величина рН щелочных сточных вод достигает 10—12, кислых — 2—5.

Промывные сточные воды характеризуются наличием катионов тяжелых металлов: меди, цинка, никеля, железа и др. Для очистки сточных вод применяются химический, электрохимический, механический и ионообменный способы.

Ни один из этих способов не обеспечивает полной очистки сточных вод. Эффективная очистка достигается применением комбинаций различных способов.

ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ

Химические способы очистки сточных вод основаны на использовании химических реакций, в результате которых загрязнения, содержащиеся в сточных водах, превращаются в безопасные для живого организма соединения или легко выделяются в осадок.

Так, цианиды в щелочной среде окисляются активным хлором до ионов цианата. В результате получают хлорная известь, гипохлориты кальция и натрия, газообразный хлор. Хром обезвреживается восстановлением шестивалентного хрома до трехвалентного железным купоросом, сульфитом или бисульфитом натрия. Затем для образования малорастворимой гидроокиси хрома сточные воды смешиваются с кислотнo-щелочными с последующей нейтрализацией их известковым молоком. Для нейтрализации сточных вод предусматривается смешение различных категорий сточных вод (кислых и щелочных) и введение реагента — 5 %-ного раствора гашеной извести. Фторсодержащие сточные воды обезвреживаются осаждением

фтора известью с образованием труднорастворимого фтористого кальция.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ

Электрохимические способы очистки сточных вод обладают существенными преимуществами перед химическими: отсутствие необходимости доставки на водосточные станции различных реагентов, небольшой объем очистных сооружений, простота эксплуатации установок вследствие высокой степени автоматизации электрохимических процессов.

При электрохимической обработке сточных вод содержащиеся в них примеси восстанавливаются или разрушаются. Так, при электролизе сточных вод, содержащих цианистые соединения, происходит окисление цианатов на анодах с образованием нетоксических соединений (карбонаты, газообразный азот). В этом случае достигается полная очистка сточных вод от цианидов с утилизацией меди, цинка, кадмия и других цветных металлов, выделяющихся на катоде.

Для увеличения электропроводности сточных вод к ним добавляют минеральные соли (сода, хлористый натрий) или щелочь. В промышленности используются различные установки для разложения цианидов (табл. 72).

72. Основные технические характеристики установки для разложения цианидов

Производительность установки, м ³ /ч	Рабочий объем электролизера, м ³	Номинальная сила постоянного тока, А	Объем накопителя, м ³	Расход хлористого натрия, кг/ч	Мощность, кВт	
					установленная	потребляемая
0,10	0,2	135	0,5	2,5	14	6
0,25	0,5	340	1,0	6,3	14	12
0,50	1,0	680	2,0	12,5	42	30
1,00	2,0	1360	2,0	25,0	76	46

Концентрированные растворы цианидов обезвреживаются при плотности тока 0,4 А/дм². После 15—20 ч обработки цианиды полностью разрушаются. Экономически целесообразно проводить электролиз до концентрации цианидов 0,4—0,8 мг/л с последующим их удалением хлорированием.

Электролиз отработанных травильных растворов может проводиться непосредственно в травильной ванне, оборудованной деревянной решеткой и электродными шипами, с применением свинцовых анодов и медных катодов при плотности тока 2 А/дм^2 , силе тока $500\text{—}600 \text{ А}$, напряжении на ванне $2\text{—}2,5 \text{ В}$ и расстоянии между электродами $50\text{—}150 \text{ мм}$. Электролизу подвергаются растворы, содержащие $40\text{—}50 \text{ г/л}$ меди. Процесс ведется до остаточной концентрации меди в растворе, равной $10\text{—}15 \text{ г/л}$, после чего раствор вновь используется для травления медных и латунных деталей (в случае необходимости к нему добавляется свежая серная кислота). Катоды меняются два раза в месяц. Расход кислоты сокращается при этом в $2\text{—}3$ раза, а расход отработанного раствора — в $5\text{—}6$ раз.

Электрокоагуляция хромосодержащих сточных вод. При электролизе сточных вод, содержащих ионы меди, в присутствии хлористого натрия, шестивалентный хром восстанавливается до трехвалентного с образованием нерастворимого осадка, состоящего из хромита железа и гидроксида последнего. Электролиз проводят при анодной плотности тока $10\text{—}12 \text{ А/дм}^2$ с добавлением 30 г/л хлористого натрия и $5\text{—}20 \text{ мг/л}$ экстракта белковых веществ, ускоряющих выпадение осадка хромита железа. При исходной концентрации трехвалентного хрома, равной 10 г/л , в процессе электролиза за $10\text{—}15$ мин достигается снижение его концентрации в 100 раз.

Полученный осадок после обезвоживания и сушки можно перерабатывать в соединения шестивалентного хрома путем сплавления с гашеной известью и содой.

Таким образом, в ходе электрокоагуляции одновременно идут процессы восстановления, коагуляции и осаждения, что приводит к достаточно полной очистке сточных вод от ионов хрома.

РАСХОД ВОДЫ И РАСТВОРОВ

Для охраны водоемов от загрязнения токсичными веществами, содержащимися в промышленных сточных водах гальванного производства, внедряется рациональная технология, уменьшается количество сточных вод и применяется водооборот, локальная и общезаводская очистка этих вод, устанавливается предел содержания вредных веществ, нормируется их допустимая концентрация в водоемах.

На долю гальванического производства современного промышленного предприятия приходится до 10 % общего водопотребления и стока, что составляет в сутки (для среднего размера гальванического цеха) около 10 000 м³/сут.

Проблема экономии водных ресурсов вызвала необходимость решения двух задач: сокращение водопотребления при технологических операциях нанесения гальванических покрытий; эффективная нейтрализация промышленных стоков и увеличение объема вод, возвращенных для оборотной системы водоснабжения гальванического производства.

В процессе гальванической обработки большое количество воды и растворов уносится при транспортировке деталей вдоль технологической линии. Удельный унос воды и растворов из ванны зависит от конфигурации обрабатываемых деталей (табл. 73).

73. Удельный унос раствора из технологической ванны (время стекания 6 с), л/м²

Поверхность детали	Хороший сток	Плохой сток
Простая	0,05	0,10
Средней сложности	0,1	0,2
Сложная	0,2	0,6

Расчеты показывают, например, что при меднении и никелировании унос растворов для деталей простой конфигурации составляет 70—75 мм/м², а для деталей сложной конфигурации — 80—88, при декоративном хромировании — соответственно 100—110 и 120—125.

Правильная загрузка, хороший сток, встряхивание и обдувка деталей воздухом значительно уменьшают унос растворов из технологических ванн.

Хороший результат дает также введение в ванну поверхностно-активных веществ, снижающих поверхностное натяжение раствора и его унос деталями.

В последнее время широко распространена ступенчатая противоточная промывка (каскадный способ). Суть этого способа заключается в том, что чистая вода для промывки подается в последний отсек многосекционной промывочной ванны, из которого затем проходит через все последовательно расположенные отсеки и сливается в сточную канализацию из первого отсека. Вода поступает из одного

отсека в другой по соединительным трубам, вмонтированным в перегородки отсеков таким способом, чтобы уровень воды последующей (по ходу подачи воды) ступени был ниже отверстия трубы либо чтобы вода переливалась через перегородки. В последнем случае перепад между уровнями воды в первом и последнем отсеках должен быть не менее 4 см.

На рис. 16 изображена схема двухступенчатой противоточной промывки. Здесь вода из водопровода подается

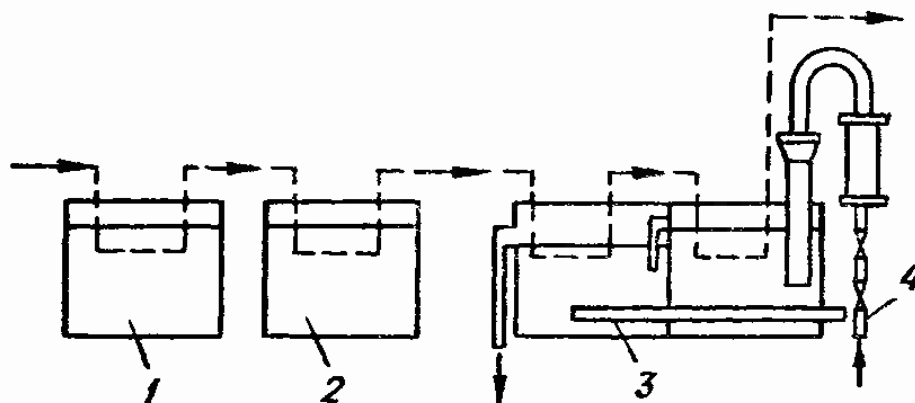


Рис. 16. Принципиальная схема двухступенчатой противоточной промывки деталей:

1 — технологическая ванна; 2 — ванна улавливания;
3 — промывочные ванны; 4 — ротаметр.

сначала во вторую ванну, из нее — в первую, затем спускается в канализацию. Количество ступеней промывки обычно зависит от характера процесса покрытия.

В последние годы в гальваннческом производстве широко применяются источники питания типа ВАГГ, в которых предусмотрено водяное охлаждение облака выпрямителей. Вода для охлаждения подается непосредственно из водопроводной сети. После однократного использования она сливается в канализацию. Если с помощью фильтра на сливной трубе отфильтровать масло, попавшее в воду из бака охлаждения силовой части, то эту воду можно использовать для промывки деталей в гальваннческих ваннах.

Существует еще один способ экономии воды. Известно, что часть подготовительных, а также гальваннческие процессы проходят при высокой температуре. В течение всего периода работы, включая остывание ванны, происходит интенсивное испарение электролита. Расчеты показали, что при площади зеркала ванны 2 м² испаряется 30—35 % объема электролита, что приводит к необходимости его

ежедневного пополнения и тем самым к дополнительному расходу воды.

Если гальванические ванны оборудовать специальными крышками, автоматически открывающимися при загрузке и выгрузке деталей, или использовать полипропиленовые и пенополистирольные поплавки для уменьшения площади испарения, то можно значительно уменьшить испарение электролита.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И РЕГУЛИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА

Измерение расхода жидких сред. Расход сточной жидкости, химических реактивов и их дозирование измеряются с помощью расходомеров.

Для измерения и регулирования расхода нейтральных или агрессивных жидкостей можно применять расходомер типа «Сатурн», относящийся к группе тахометрических приборов.

В последние годы широко применяются расходомеры типа ИР-11. Такие расходомеры применяются в необработанных сточных водах любой агрессивности, не содержащих элементарного фтора и трехфтористого хлора, а также ферромагнитных частиц.

Основная погрешность расходомера не превышает 1,6 % по выходу.

В системах автоматического регулирования используют приборы с электрическим или пневматическим дистанционным управлением. К таким приборам относятся мембранные дифманометры типа ДМ московского завода «Манометр».

Дифманометры унифицированной системы ГСП с пневматическим и электрическим дистанционным управлением выпускаются рязанским заводом «Теплоприбор».

Приборы типа ДМ-П-2 модели 9162 измеряют перепад давления газа в диапазоне 1600—6300 Па. На выходе они имеют стандартный пневматический сигнал.

Электрическим выходным сигналом при том же диапазоне измерений обладает прибор типа ДМ-Э2 модели 9262.

Прибор типа ДМ-42 модели 9462 снабжен частотным электрическим датчиком дистанционной передачи.

Измерение концентрации водородных ионов. Показатель концентрации водородных ионов рН в сточных водах

гальванического производства является одной из важнейших качественных характеристик процесса их очистки. Величина рН наиболее достоверно свидетельствует о степени загрязнения кислотами и щелочами или о степени очистки от них стоков. Поддерживая концентрацию водородных ионов в сточных водах в определенных пределах, можно обеспечить повторное использование сточных вод для технологических нужд гальванического производства.

Из существующих в настоящее время способов измерения рН в приборостроении применяется потенциометрический способ, основанный на измерении электрического потенциала на металлическом электроде, погруженном в раствор с ионами того же металла. Величина потенциала зависит от активной концентрации ионов.

Для измерения рН наиболее широко применяются рН-метры завода измерительных приборов (г. Гомель). В комплект входят проточный или погружной датчик и высокоомный преобразователь с показывающим прибором.

Для измерения ЭДС электронных систем используется высокоомный преобразователь рН-261 или ПВУ-5256. Выходные параметры прибора рН-261: по току — 0—5 мА, по напряжению — 0—50 мВ. Допустимая погрешность прибора по напряжению выхода не превышает $\pm 1,0\%$ от верхнего предела на любом диапазоне измерения.

Измерение концентрации загрязнений сточных вод. Одним из способов контроля качественного состава сточных вод гальванического производства является кондуктометрический, в основу которого положено измерение общей электропроводности жидкости.

Приборы для промышленного измерения электропроводности жидкости состоят из кондуктометрического датчика и измерительного моста или потенциометра.

Широкое распространение получили промышленные автоматические кондуктометры. Выпускаемые кондуктометры КК-1 — проточного типа с двухэлектродным датчиком, КК-2, КК-3 — погружного типа с четырехэлектродным датчиком.

Приборы имеют искробезопасный выход на датчик, который может быть установлен в помещениях всех классов, где возможно наличие паровоздушных смесей категорий 1, 2, 3 и групп А, Б, Г, а также водородовоздушной смеси.

Дозирующие и регулирующие устройства. Дозирующие и регулирующие устройства являются весьма ответственными элементами при реагентной обработке сточных

вод. Надежность работы этих устройств имеет большое значение как при ручном, так и при автоматическом способах управления очистки сточных вод.

Во ВНИИВодгео разработан дозатор известкового молока, бункерный, автоматический пяти типоразмеров: ДИМБА-1, ДИМБА-3, ДИМБА-10, ДИМБА-20, ДИМБА-40. Цифра, входящая в марку дозатора, означает предел производительности (расход, соответствующий наибольшей дозе реагента, например, щелочи).

Для дозирования реагентов, в которых не содержатся абразивные взвеси, целесообразно применять насосы-дозаторы, например серии НД (завод «Ригахиммаш»). Это горизонтальные одноплунжерные насосы простого действия с двойными всасывающими и нагнетательными клапанами. Гидравлическая часть выполнена из стали 12Х18Н9Т, что допускает работы насоса с агрессивными растворами.

Насосы-дозаторы серии НД комплектуются мотор-редуктором типа ПРВ мощностью 0,27—3,0 кВт, в зависимости от производительности насоса. Регулирующими устройствами при подаче реагентов являются регулирующие клапаны, конструкции которых приспособлены как для чистых растворов, так и для агрессивных жидкостей.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД

Для максимальной нейтрализации сточных вод создана комплексная система управления этим процессом с применением ЭВМ.

В качестве датчиков непрерывной информации о концентрации загрязнений в сточных водах используются датчики концентрации цианидов и хрома. Для нейтрализации токсических загрязнений устанавливается наиболее благоприятная температура. Сигналы датчиков преобразовываются приборами типа ПВУ-5256 и ЭМД-212. Вся поступающая на ЭВМ информация с помощью специального устройства выводится на печать. Управление исполнительными механизмами происходит в строгом соответствии с заданной программой.

На рис. 17 приведена схема управления процессом нейтрализации сточных вод гальванического цеха с применением ЭВМ АСВТ М-6000. Система работает следующим образом. Включаются преобразователи и устанавливается выдержка для стабилизации режима работы приборов.

Затем машина опрашивает преобразователи, подключая к ним датчики концентрации загрязнений, pH и температуры в последовательности, обусловленной технологией процесса. Полученные сигналы являются исходными дан-

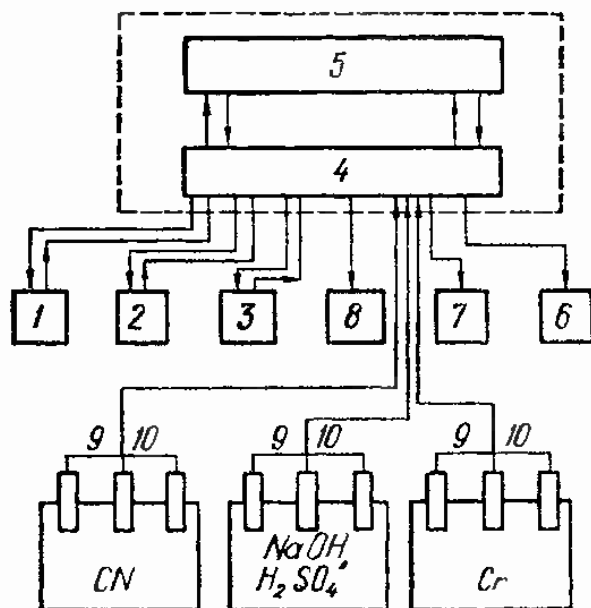


Рис. 17. Структурная схема управления процессом нейтрализации сточных вод гальванического производства при помощи ЭВМ:

1—3 — преобразователи сигналов датчиков концентрации загрязнений, pH, температуры; 4 — устройство связи ЭВМ с объектом; 5 — вычислительный блок ЭВМ; 6—8 — регуляторы расхода реагентов; 9—10 — датчики концентрации загрязнений, pH, температуры.

ными для расчета этих параметров на ЭВМ (рис. 18) на основании предварительно установленных зависимостей, которые заложены в память машины. Результаты расчета позволяют определить оптимальный режим процесса нейтрализации. Одновременно на печать выдаются фактические значения искомых параметров. Если режим процесса не соответствует выбранному, на исполнительные механизмы (регуляторы) подаются необходимые управляющие сигналы, которые регулируют состав и температуру раствора. При этом ведется непрерывный контроль всех параметров процесса с выводом их значений на печать. По окончании процесса дается команда на остановку всех устройств.

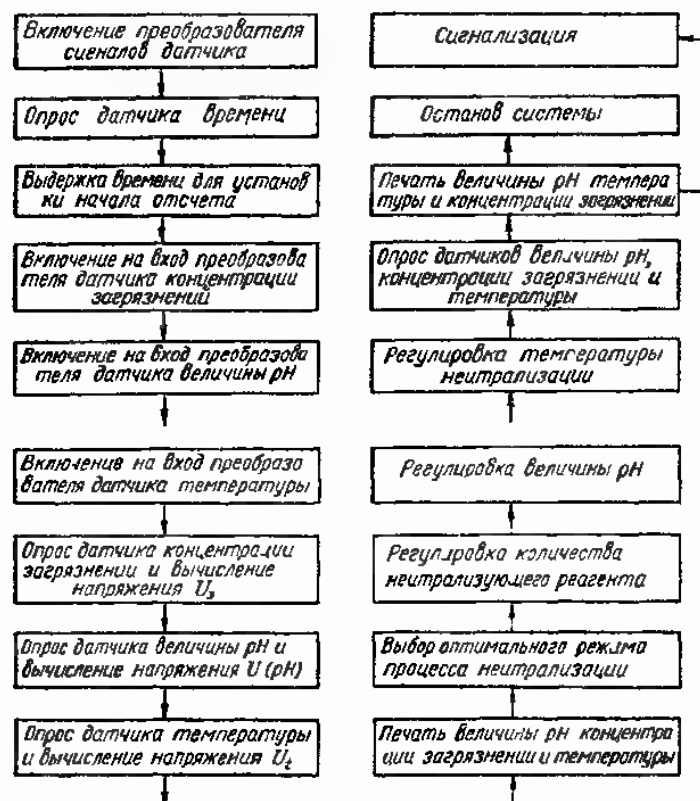


Рис. 18. Структурная схема алгоритма управления процессом нейтрализации сточных вод гальванического производства.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

В гальванических цехах используются вещества, большинство которых являются вредными. Производственные условия отличаются повышенной влажностью, значительной концентрацией вредных паров и газов, дисперсных туманов и брызг электролитов. Поэтому гальванические цехи относятся к вредным участкам производства, где необходимо постоянное соблюдение мер предосторожности и правил техники безопасности.

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАННАХ

К работе на гальванических ваннах следует приступать только после прохождения инструктажа на рабочем месте и освоения безопасных способов и приемов ее выполнения. Все работающие в гальваническом цехе должны соблюдать следующие правила безопасности:

выполнять только порученную работу;

работать на исправном оборудовании, пользуясь исправными инструментами и приспособлениями;

использовать инструмент только по его прямому назначению;

обо всех неисправностях и возникшей во время работы опасности для окружающих (отсутствие ограждений, неизолированные электропровода и токоведущие части оборудования, инструментов и т. д.) немедленно сообщать мастеру;

не поднимать тяжести сверх допустимой нормы (20 кг для женщин и 50 кг для мужчин);

в случае заболевания или даже незначительной травмы прекратить работу, сообщить мастеру и обратиться в медпункт;

в рабочем помещении не хранить личные вещи, не принимать пищу и воду, не курить.

Перед началом работы следует:

надевать рабочую одежду (халат, фартук, нарукавники, резиновые сапоги и перчатки, защитные очки) в зависимости от характера выполняемой работы;

внимательно осмотреть рабочее место и привести его в порядок: убрать все лишние предметы; разложить инструменты, приспособления, необходимые для работы материалы и детали в удобном и безопасном порядке, придерживаясь принципа: то, что берется левой рукой, должно находиться слева, а то, что правой, — справа; подготовить индивидуальные средства защиты и проверить их исправность;

проверить, чтобы пол возле рабочего места был чистым, сухим, незагроможденным, а подвижная решетка — исправной;

включить вентиляцию.

Во время работы необходимо:

содержать рабочее место в чистоте и порядке; своевременно очищать его от пролитого электролита и других загрязнений; не загромождать проходы и проезды, аккуратно складывать материалы и изделия, чтобы они не разваливались;

следить за исправностью оборудования, не допускать утечки электролитов;

заполнять ванны электролитами только при включенной приточно-вытяжной вентиляции под наблюдением мастера;

при составлении электролита кислоту добавлять к холодной воде и ни в коем случае не наоборот, так как

это может привести к выбросу кислоты из сосуда; кислоту лить в воду тонкой струей, все время тщательно перемешивая раствор (добавлять кислоту к нагретой воде не допускается);

при приготовлении смесей кислот последней следует наливать серную кислоту;

пролитые кислоты и щелочи должны быть немедленно нейтрализованы и убраны: концентрированные кислоты обильно разбавляют водой, засыпают мелом до полной нейтрализации, затем полученную соль сметают и убирают;

переносить бутылки с кислотами разрешается только в исключительных случаях и на близкие расстояния, при этом бутылки переносят два человека на специальных носилках, переносить бутылки с кислотой на спине, плечах или прижатой к груди запрещается;

попавшие на открытые части тела брызги кислого электролита нужно смыть обильной струей воды, а затем 2 %-ным раствором соды и снова водой, брызги хромового электролита — 5 %-ным раствором гипосульфата, а электролита для окислирования — водой; во всех случаях при попадании на тело кислоты или щелочи необходимо немедленно обработать пораженный участок водой (в течение 10 мин); для промывки глаз должны использоваться фонтанчики, установленные на рабочих местах;

необходимо помнить, что всякое предварительное протирание облитых кислотой или щелочью участков кожи только усугубляет ожог;

во избежание падения деталей в ванну с электролитом осмотр, чистка и закрепление их в приспособлении над поверхностью ванны запрещается;

при извлечении деталей из ванны необходимо сделать выдержку для стекания электролита в ванну;

штанги, подвески и аноды нужно чистить только мокрым способом, так как пыль цветных металлов ядовита и вдыхание ее может вызвать отравление;

для извлечения деталей из ванны следует пользоваться специальными приспособлениями или инструментами — магнитами, щипцами, совками;

кислоты и щелочи, хранящиеся в бутылках, бидонах, канистрах или бочках на складах, цеховых или заводских площадках, должны иметь бирки или этикетки с четким обозначением наименования продукта; если надпись стерлась или бирки и этикетки отсутствуют, то их нужно восстановить, для этого отбирают пробы и проводят анализ продуктов в химических лабораториях;

случайные повреждения кожи рук необходимо немедленно защитить водонепроницаемым бинтом или обратиться в медпункт;

спецодежду, загрязненную кислотами, щелочами и другими химическими веществами, следует немедленно снять и сдать в стирку.

После окончания работы нужно:

обесточить ванны, перекрыть воду и пар;

убрать рабочее место, почистить шланги, вынуть из ванны аноды и промыть трапы и пол;

убрать детали, приспособления и инструменты в отведенные места;

снять спецодежду и защитные средства, почистить и сложить их;

вымыть руки и лицо теплой водой с мылом или принять душ.

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ШЛИФОВАЛЬНО-ПОЛИРОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Перед началом работы следует:

надеть спецодежду так, чтобы она не стесняла движений, не имела развевающихся и свисающих концов, убрать волосы под головной убор;

внимательно осмотреть рабочее место и привести его в порядок (убрать лишние предметы, проверить исправность инструмента, приспособлений и оборудования, расположить инструменты и приспособления в удобном и безопасном порядке, проверить исправность и надежность крепления ограждений, убедиться в исправности решетки под ногами и надежности защитного заземления станка, проверить исправность пускового устройства станка во избежание его самовключения, установить сиденье в положение, удобное для работы, и расположить светильник так, чтобы свет не слепил глаза);

смазать руки специальной пастой;

осмотреть станок, проверить исправность его отдельных узлов (правильность установки утюжка, целостность и надежность шлифовальной ленты — на ленточно-полировальном станке, надежность крепления полировального круга, отсутствие биения вала и посторонних предметов в зоне вращения полировального круга — на полировальном станке);

включить местную вытяжную вентиляцию и убедиться в эффективности ее действия;

надеть защитные очки.

Во время работы необходимо:

поддерживать на рабочем месте чистоту и порядок (своевременно очищать его при помощи щетки и других специальных приспособлений от масла, пыли, не загромождать, аккуратно укладывать материалы, полуфабрикаты и готовые изделия в специальную тару или в штабеля, своевременно убирать готовую продукцию);

выполнять работу согласно технологии и указаниям мастера;

останавливать станок с выключением электродвигателя для чистки, смазки, уборки и наладки, при уходе от станка, при замене полировального круга, при перерывах в работе и подаче электроэнергии; подавать обрабатываемое изделие на круг без рывков и резкого нажима;

для поддержания деталей при полировке пользоваться рукавицами, салфетками и специальными держателями (для мелких и тонкостенных деталей); кольцообразные детали полировать по диаметру, а не по образующей;

при работе на станках с качающимися полировальными шпинделями следить за надежностью крепления груза противовеса и ограждений;

своевременно менять полировальные круги, имеющие большую выработку и неровности, точно центрировать их при установке;

перед включением станка убедиться, что пуск его не опасен для окружающих;

при работе на ленточно-полировальном станке надежно закреплять полируемые изделия на поворотном приспособлении, не поправлять их и не регулировать ленту во время работы станка;

не хранить на рабочем месте бензин и другие легко воспламеняющиеся жидкости, протирать и промывать ими полируемые детали в специально оборудованном шкафу с включенной вытяжной вентиляцией;

во избежание травмирования запрещается снимать и открывать ограждения полировального круга и шпинделя до полной остановки станка, касаться руками, одеждой и обтирочным материалом шпинделя станка и полировального круга во время их вращения, а также электропроводов и токоведущих частей оборудования; останавливать вращающийся полировальный круг нажимом руки; центрировать на ходу круги с применением ножей, заточенных полотен и т. п.

После окончания работы нужно:

выключить станок и после его полной остановки очистить отстойник от полировальной пыли, протереть станок и ограждения чистой тряпкой, загрязненный обтирочный материал сложить в предназначенную для этого тару;

инструменты, приспособления, пасту и салфетки убирать в отведенные для них места;

выключить вентиляцию;

вымыть руки теплой водой с мылом или принять душ.

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОРРЕКТИРОВКЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ С ЦИАНИСТЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

К работе с цианистыми соединениями допускаются рабочие, обученные правилам работы с ними и сдавшие соответствующий экзамен. Цианистые соединения отпускаются только лицам, специально утвержденным приказом руководителя организации. Обязательно соблюдение следующих правил техники безопасности.

Все работающие с цианистыми соединениями должны быть обеспечены спецодеждой и защитными приспособлениями — резиновыми или прорезиненными халатами, сапогами или галошами, резиновыми перчатками и защитными очками.

За час до начала работы необходимо включать вентиляцию.

Тару с цианистыми солями нужно вскрывать на специально отведенных для этого местах безударным инструментом в вытяжном шкафу, стараясь не распылить и не просыпать соль, рабочий при этом должен быть в спецодежде и противогазе марки «Б» с противопыльным фильтром. Случайно просыпанная соль должна быть тщательно собрана совком в специальный ящик для отходов, пол и поверхности, загрязненные цианистыми солями, должны быть немедленно смыты обезвреживающим раствором и несколько раз промыты чистой водой. Требуемые количества цианистых солей отвешиваются только в вытяжном шкафу.

Цианистые электролиты готовятся и корректируются в присутствии начальника цеха или его заместителя.

Тара, различные отходы, вспомогательные и обтирочные материалы немедленно обезвреживаются.

Не следует содержать кислоты в местах работы с цианистыми соединениями.

Перед загрузкой деталей в цианистую ванну их необходимо тщательно промыть от травильного раствора. Загружать детали в цианистый электролит нужно осторожно, не допуская разбрызгивания.

Аноды и штанги необходимо чистить увлажненными щетками, мокрой наждачной бумагой, влажной ветошью.

После выгрузки детали необходимо тщательно отмыть от электролита. Категорически запрещается доставать упавшие в ванну детали руками.

Спуск в канализацию цианистого раствора допускается лишь после полной нейтрализации.

Перед принятием пищи и курением необходимо вымыть руки 1 %-ным щелочным раствором железного купороса, а затем теплой водой с мылом, рот прополоскать теплой водой, губы, лицо вымыть теплой водой с мылом. После окончания смены следует принять душ.

Рабочий с повреждением кожи рук (царапины, порезы, ссадины) может быть допущен к работе только с разрешения врача.

Допуск к работам по ремонту оборудования с цианистыми соединениями, в том числе к чистке вентиляционных вытяжных систем, может быть разрешен только после предварительного инструктажа.

Первая помощь при отравлении цианистыми соединениями. При действии высоких концентраций цианистого водорода ощущается запах горького миндаля, после двух-трех вдохов наблюдаются судороги, потеря сознания, в более легких случаях — головная боль, головокружение, тошнота, иногда рвота, неприятный вкус во рту, чувство жжения и царапания в полости рта, в носу и глотке, стеснение в груди, ощущение недостатка воздуха, сердцебиение и боли в области сердца, одышка, потеря сознания.

При обнаружении симптомов отравления цианистыми соединениями необходимо немедленно вызвать врача. Первую помощь во всех случаях должны оказывать сами работники цеха. Заключается она в следующем: пострадавший должен быть вынесен (выведен) на свежий воздух и освобожден от стесняющей его одежды; ему необходимо давать для дыхания кислород (с примесью 5 % углекислоты); в случае остановки дыхания до прибытия врача нужно делать искусственное дыхание, этому должны быть обучены административно-технический персонал и рабочие; пострадавшему следует давать на ватке вдыхать амилнитрит (несколько капель).

ХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Наименование материала	ГОСТ, ТУ
Аммиак водный	ГОСТ 3760—79
Аммоний двуххромовокислый	ГОСТ 3763—76
Аммоний надсернокислый	ГОСТ 20478—75
Аммоний сернокислый	ГОСТ 3769—78
Аммоний лимониокислый	ГОСТ 9264—79
Аммоний роданистый	СТ СЭВ 222—75
Аммоний углекислый	ГОСТ 3770—75
Аммоний фосфорнокислый двузамещенный	ГОСТ 3772—74
Аммоний фтористый	ГОСТ 4518—75
Аммоний хлористый	ГОСТ 3773—72
Ангидрид малеиновый	ГОСТ 5854—78
Ангидрид хромовый	ГОСТ 2548—77
Алюминий сернокислый	СТ СЭВ 222—75
Алюминия окись	ГОСТ 8136—76
Альдегид уксусный	ГОСТ 9585—77
Ацетон	ГОСТ 2603—79
Барий азотнокислый	ГОСТ 1713—79
Барий сернокислый	ГОСТ 5694—77
Барий углекислый	ГОСТ 2149—75
Барий уксуснокислый	ГОСТ 5816—77
Блескообразователь БЦУ	ТУ 6-16-815—75
Вещества вспомогательные ОП-7, ОП-10	ГОСТ 8433—81
Висмут сернокислый	МРТУ 6-09-6595—70
Водорода перекись	ГОСТ 177—77
Гидрохинон	ГОСТ 19627—74
Глицерин	ГОСТ 6259—75
Декстрины кислотные	ГОСТ 6034—74
Диметилформамид	ГОСТ 20289—74
Диспергатор НФ	ГОСТ 6848—79
Ингибитор И-1-Е	ТУ 3840-327—72
Железо (II) сернокислое 7-водное	ГОСТ 4148—78

Железо хлорное	ГОСТ 11159—76
Кадмий серноокислый	ГОСТ 4456—75
Кадмия окись	ГОСТ 11120—75
Калий бихромат	ГОСТ 2652—78
Калий дицианоаргентат	ТУ 6-09-451—70
Калий дициано-(1)-аурат	ГОСТ 20573—75
Калий железистосинеродистый 3-водный	ГОСТ 4207—75
Калий железосинеродистый	ГОСТ 4206—75
Калий кремнефтористый	МРТУ 6-09-4822—67
Калий марганцевоокислый	ГОСТ 20490—75
Калий надсерноокислый	ГОСТ 4146—74
Калий-натрий винноокислый	ГОСТ 5845—79
Калий роданистый	ГОСТ 4139—75
Калий сурьмявинноокислый	ТУ 6-09-803—71
Калий — титанил щавелево- кислый	МРТУ 6-09-1324—64
Калий фтористый 2-водный	ГОСТ 20848—75
Калий фтористый кислый	ГОСТ 10067—80
Калий углекислый	ГОСТ 4221—76
Калий хлористый	ГОСТ 4234—77
Калий цианистый	ГОСТ 8465—79
Канифоль сосновая	ГОСТ 19113—73
Каолин марки «Экстра ОПС»	ТУ 21-7-48—71
Катапин К-И-1	ТУ 6-01-674—72
Квасцы алюминиево-калиевые	ГОСТ 15028—77
Кислота азотная	ГОСТ 4461—77
Кислота бензойная	ГОСТ 10521—78
Кислота борная	ГОСТ 9656—75
Кислота лимонная	ГОСТ 3652—69
Кислота олеиновая	ГОСТ 7580—55
Кислота ортофосфорная	ГОСТ 10678—76
Кислота фтористоводородная	ГОСТ 10484—78
Кислота серная	ГОСТ 4204—77
Кислота соляная	ГОСТ 3118—77
Кислота стеариновая	ГОСТ 9419—78
Кислота уксусная	ГОСТ 61—75
Кислота щавелевая	ТУ 09-02-568—76
Клей БФ-4	ГОСТ 12172—74
Клей мездровый	ГОСТ 3252—80
Кобальт (II) серноокислый 7-водный	ГОСТ 4462—78
Краска гальваностойкая СТЗ-13	ТУ 6-29-02568—76
Лак ХВЛ-21	ТУ 6-10-1244—72
Магний серноокислый 7-водный	ГОСТ 4523—77

Марганец (II) сернокислый 5-водный	ГОСТ 435—77
Медь борфтористая	ТУ 6-09-396—75
Медь (II) сернокислая 5-водная	ГОСТ 4165—78
Медь (II) углекислая основная	ГОСТ 8927—79
Медь двухлористая 2-водная	ГОСТ 4167—74
Медь цианистая	ГОСТ 10018—79
Натрий азотистокислый	ГОСТ 4197—74
Натрий азотнокислый	ГОСТ 828—77
Натрий двухромовокислый	ГОСТ 4237—76
Натрий виннокислый 2-водный	ГОСТ 3656—78
Натрий углекислый	ГОСТ 4201—79
Натрий N, N-диэтилдитиокарбо- мат	ГОСТ 8864—71
Натрий едкий очищенный	ГОСТ 11078—78
Натрий лимоннокислый трехзамещенный	ГОСТ 22280—76
Натрий оловяннокислый трехводный	ТУ 6-09-21506—72
Натрий фосфорнокислый пиро	ГОСТ 342—77
Натрий сернистый	ГОСТ 2053—77
Сульфат натрия безводный	ГОСТ 5644—75
Натрий серноватистокислый	СТ СЭВ 223—75
Натрий сернокислый	ГОСТ 6318—77
Натрий углекислый 10-водный	ГОСТ 84—76
Натрий уксуснокислый	ГОСТ 2080—76
Натрий фосфорноватистокислый	ГОСТ 200—76
Натрий фосфорнокислый двухзамещенный 12-водный	ГОСТ 4172—76
Натрий фосфорнокислый трехзамещенный	ГОСТ 13493—77
Натрий фтористый	ГОСТ 2871—75
Натрий хлористый	ГОСТ 4233—77
Натрий цианистый	ГОСТ 8464—79
Натуральный воск	ТУ РСФСР 46-19—69
Нафталин 1,5 дисульфокислоты динатриевая соль	МРТУ 6-09-2931—66
Никель двухлористый 6-водный	ГОСТ 4038—79
Никель сернистокислый 7-водный	ГОСТ 429—76
Нитроклей АК-20	ТУ 6-10-1293—72
Олово борфтористое (30 %)	ТУ 6-09-2683—73
Олово гранулированное	ТУ 6-09-2704—73
Олово двухлористое	ГОСТ 36—78
Олово сернокислое	ТУ 6-09-1502—72

Палладий двухлористый	ТУ 6-09-2025—72
Пассивирующая соль «Ликонда-1»	ТУ 6-18-76—70
Паста полировочная (ГОИ)	РТУ РСФСР 860—68
Паста синтетическая «Триалои»	ТУ 6-10-988—70
Парафин Б42, Б49	ГОСТ 23683—79
Пептон сухой ферментативный	ГОСТ 13805—76
Пиперазин гексагидрат	ТУ 6-09-10927—73
Пленка полиэтиленовая	ГОСТ 10354—82
Препарат «Мажеф»	ОСТ 6-25-14—75
Препараты моющие МЛ-51, МЛ-52	ТУ 84-288—71
Препарат ОС-20	ГОСТ 10730—82
Препарат «Хромин»	ТУ П-59—67
Роданин	МРТУ 6-09-6608—70
Родий хлористый	МРТУ 6-09-1833—64
Ртуті окись желтая	ГОСТ 5230—74
Ртуть (II) азотнокислая 1-вод- ная	ГОСТ 4520—78
Свинец углекислый	ГОСТ 10275—74
Селен технический	ГОСТ 10298—79
Серебро азотнокислое	ГОСТ 1277—75
Синтанол ДС-10Т	ТУ МХП 6-М-577—70
Сода кальцинированная	ГОСТ 5100—73
Средство моющее «Деталин»	ТУ 18-РСФСР № 506—72
Средство моющее «Импульс»	ТУ 38-40471—74
Средство моющее «Лабомид»	ТУ 38-30-726—71
Средство моющее ТМС-31	ТУ 38-407-40—74
Стекло натриевое жидкое	ГОСТ 13078—81
Стронций сернистый	МРТУ 6-09-4059—67
Сурьмы трехокись	ЦМВТУ 3242—52
Тиомочевина	ГОСТ 6344—73
Трихлорэтилен	ГОСТ 9976—70
Уротропин технический	ГОСТ 1381—73
Фенол	ГОСТ 6417—72
Формалин	ГОСТ 1625—75
Фоторезист сухой пленочный СПФ-2	ТУ 6-07-859—77
Фреон 113	ТУ 6-02-601—70
Фталимид	ТУ МХП 46—51
Хлорамин Б	МРТУ 6-09-3177—66
Цинк азотнокислый 6-водный	ГОСТ 5106—77
Цинка окись	ГОСТ 10262—73
Цинк сернистый 7-водный	ГОСТ 4174—77

Циик фосфорнокислый
однозамещенный
Церезин
Эмаль ХВ-785
Эмаль ХВ-1100
Эмаль ПХВ-29
Эпоксидный лак Э-4100
Этамон ДС
Этиленгликоль
Этилендиамин

ГОСТ 16992—78
ТУ 6-02-767—73
ГОСТ 7313—75
ГОСТ 6993—79
ТУ МХП 2702—51
МРТУ 6-10-857—69
ТУ-6-14-729—72
ГОСТ 10164—75
ТУ 6-09-146—75

Красители

Антрахиновый Н4К
Желтый 3
Ксилотный черный 3М

Красный ализариновый
Оранжевый 2Ж
Черный для алюминия

ТУ 6-14-675—71
ТУ 6-14-515—70
ТУ МГС НХ УХП
552—60
ГОСТ 10945—74
ГОСТ 19102—73
ТУ 6-14-515—70

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартл Д., Мудрох О. Технология химической и электрохимической обработки поверхности металлов. — М. : Машгиз, 1961. — 712 с.
2. Блестящие электрохимические покрытия / Под ред Ю. Ю. Матулиса. — Вильнюс : Минтис, 1969. — 613 с.
3. Вишницкий А. А., Шапиро Л. М. Анодно-абразивная обработка в барабанах. — Л. : Ленингр. дом науч.-техн. пропаганды, 1972. — 18 с.
4. Вячеславов П. М. Новые электрохимические покрытия. — Л. : Лениздат, 1972. — 260 с.
5. Гальванотехника благородных и редких металлов. — М. ; Л. : Машиностроение, 1970. — 248 с.
6. Згурский В. А., Зальцман Л. Г. Нейтрализация промышленных вод гальванического цеха и возможности ее автоматизации. — К. : УкрНИИНТИ, 1968. — 18 с.
7. Згурский В. А., Зальцман Л. Г., Черная С. М. Гальванические автоматы АГ-16, АГ-18 // Автоматика и приборостроение. — 1965. — № 2. — С. 66—69.
8. Каданер Л. И. Справочник по гальваностегии. — К. : Техника, 1976. — 256 с.

9. Комплексная автоматизация гальванических цехов с применением управляющих машин / В. А. Згурский, Л. Г. Зальцман, Л. И. Каданер, К. Г. Самофалов.— К. : Вища школа, 1973.— 203 с.

10. Лайнер В. И. Современная гальванотехника.— М. : Металлургия, 1967.— 384 с.

11. Лайнер В. И. Защитные покрытия металлов.— М. : Металлургия, 1974.— 559 с.

12. Мельников П. С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении.— М. : Машиностроение, 1979.— 296 с.

13. Многослойный печатный монтаж в приборостроении, автоматике и вычислительной технике / Под ред. А. Т. Бельцева.— М. : Машиностроение, 1978.— 263 с.

14. Моряков О. С. Производство корпусов полупроводниковых приборов.— М. : Высшая школа, 1985.— 159 с.

15. Прохоров В. Д., Меньшиков Г. Г., Абрамова П. А. Изготовление печатных плат с повышенной плотностью монтажа полуаддитивным методом // Обмен опытом в радиопромышленности.— 1981.— № 1.— С. 18—21.

16. Романов Г. З., Диков В. В. Оборудование для изготовления печатных схем.— М. : Энергия, 1972.— 97 с.

17. Смирнов Д. М., Дмитриев А. С. Автоматизация процессов очистки сточных вод химической промышленности.— Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1972.— 168 с.

18. Фантгоф Ж. Н., Грекова И. А., Ковева Н. К. Аддитивный метод изготовления печатных плат // Обмен опытом в радиопромышленности.— 1981.— № 1.— С. 17—18.

19. Электроосаждение благородных и редких металлов / Под ред. Л. И. Каданера.— К. : Техніка, 1974.— 161 с.

20. Ямпольский А. М., Ильин В. А. Краткий справочник гальванотехника.— М. ; Л. : Машиностроение, 1981.— 268 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Характеристика гальванических покрытий	4
Основные расчеты в гальванотехнике	25
Расчет площади покрываемых изделий и параметров процесса электроосаждения	25
Расчет рабочих растворов	28
Материалы, применяемые в гальванотехнике	30
Аноды	30
Химикаты	31
Органические растворители	32
Изоляционные материалы	33
Абразивные материалы	34
Удельные нормы расхода материалов	36
Подготовка поверхности перед нанесением покрытия	42
Требования к деталям, поступающим на покрытие	42
Механическая обработка поверхности	42
Обезжиривание	43
Травление	46
Предварительная обработка алюминия и его сплавов	53
Химическое и электрохимическое полирование	53
Технология процессов нанесения покрытий	56
Выбор электролитов и режимов обработки	56
Общая схема технологического процесса	58
Цинкование	59
Кадмирование	65
Меднение	65
Осаждение сплавов меди	71
Никелирование	71
Свинцевание	76
Железнение	76
Хромирование	83
Лужение (оловянирование)	86
Осаждение сплавов олова	86
Серебрение	92

Золочение	96
Палладирование	96
Родирование	101
Химическое нанесение покрытий	101
Нанесение металлических покрытий на пласт- массы	104
Технология изготовления печатных плат	111
Получение защитного рисунка	111
Химическая и гальваническая металлизация	115
Травление	116
Способы изготовления печатных плат	116
Оборудование для изготовления печатных плат	118
Многослойные печатные платы	126
Неорганические защитные пленки на металлах	129
Анодное оксидирование алюминия и его спла- вов	129
Химическое оксидирование алюминия и его сплавов	130
Оксидирование черных металлов	131
Оксидирование меди и ее сплавов	135
Фосфатирование стали	135
Удаление дефектных покрытий	135
Применение химических и электрохимических опера- ций в микроэлектронике	142
Технологическое оборудование и контрольно-измери- тельная аппаратура	148
Оборудование для подготовки поверхности де- талей	148
Оборудование для нанесения гальванических покрытий	153
Комплексная автоматизация процессов гальва- нического покрытия с помощью ЭВМ	157
Приборы и устройства автоматического контро- ля параметров гальванического процесса	158
Очистка сточных вод гальванического производства	166
Химические способы очистки	167
Электрохимические способы очистки	168
Расход воды и растворов	169
Контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура	172
Автоматизированная система нейтрализации сточных вод	174
Техника безопасности и производственная санитария в гальванических цехах	176

Требования техники безопасности при работе на гальванических ванах	176
Требования техники безопасности при работе на шлифовально-полировальных станках	179
Требования техники безопасности при коррек- тировке электролитов с цианистыми соедине- ниями	181
Приложение	183
Список литературы	188

Справочник специалиста

Зальцман Леонид Григорьевич,
Черная София Мироновна

Спутник гальваника

Редактор *Е. К. Доброхотова*
Оформление художника *А. В. Мусиенко*
Художественный редактор *Ю. Я. Чертова*
Технический редактор *Е. М. Гороховская*
Корректор *Г. А. Высоцкая*

ИБ № 3887

Сдано в набор 21.07.88. Подписано в печать 30.12.88. БФ 10856
Формат 70×90¹/₃₂. Бумага типографская № 1. Гарнитура литератур-
ная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,02. Усл. кр.-отт 7,02. Уч.-изд
л. 10,07. Тираж 20000 экз. Зак. 8—248. Цена 70 к.

Издательство «Тэхника» 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5.

Отпечатано с матриц Головного предприятия республиканского
производственного объединения «Полиграфкнига» на Киевской
книжной фабрике «Жовтень». 252053, Киев, ул. Артема, 25.