

А. М. ЯМПОЛЬСКИЙ и В. А. ИЛЬИН

КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК ГАЛЬВАНОТЕХНИКА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1962 ЛЕНИНГРАД

6П4-52
Я57

4.
9-37
2

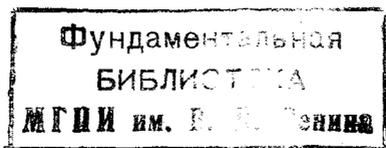
В справочнике рассматриваются общие вопросы гальванотехники, даются сведения о материалах, применяемых в цехах защитных покрытий. Большое внимание уделяется подготовке к покрытию, схемам технологического покрытия, гальваническому осаждению защитных покрытий. Освещаются вопросы технологии специальных лакокрасочных покрытий, приводятся сведения по охране труда и технике безопасности.

Справочник предназначен для квалифицированных рабочих и мастеров гальванических цехов, он также может быть полезен для учащихся технических училищ, специализирующихся в области гальванотехники.

3293

63

лат. 1



Рецензент инж. *И. А. Данилов*
Редактор канд. техн. наук *М. Б. Черкез*

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Редакция литературы по конструированию
и эксплуатации машин
Заведующий редакцией инж. *Ф. И. Фетисов*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Металлические конструкции, оборудование заводов и фабрик, детали приборов и машин и другие металлические изделия должны быть долговечны. Для этого, помимо механической прочности, все изделия должны обладать химической стойкостью и в первую очередь должны быть защищены от атмосферной коррозии. Коррозия металлов причиняет огромный вред народному хозяйству. Ежегодно вследствие коррозии разрушается много тысяч готовых изделий. Особенно подвержены коррозии черные металлы, являющиеся основным материалом для изготовления различных конструкций, машин и многих предметов народного потребления. Установлено, что около 10% выплавляемых ежегодно черных металлов погибает от коррозии.

Методы защиты черных металлов от коррозии разнообразны. В технике широко применяют лакокрасочные, химические и гальванические покрытия. Во многих случаях одновременно с защитой от коррозии поверхности изделия необходимо придать красивый внешний вид, для этого применяют лакокрасочные покрытия. Кроме того, покрытия часто наносят для повышения износостойкости, для восстановления размеров деталей, потерянных вследствие механического износа, для изменения электрических свойств поверхностного слоя деталей и для других целей. В большинстве случаев для этих целей используются гальванические покрытия.

Гальванический способ осаждения металлов открыт в 1838 г. в Петербурге русским академиком Б. С. Якоби. Этот способ получил широкое распространение и в течение прошлого столетия развился в большой самостоятельный раздел прикладной электрохимии — гальванотехнику.

Помимо гальванических, в технике часто применяются также химические, термодиффузионные и другие способы покрытия деталей.

В целях широкого внедрения современных способов покрытий авторы поставили задачу создания краткого справочника, полезного для рабочих-гальванотехников. Справочник составлен по материалам и данным, проверенным на передовых предприятиях СССР. Технологические процессы, приведенные в нем, изложены по возможности ясно, чтобы они могли быть самостоятельно применены каждым рабочим цеха покрытий.

В справочнике изложены основные сведения, необходимые для выполнения технологических процессов покрытий, приведены основные материалы, оборудование и оснастка, применяемые в цехах защитных покрытий.

В книге подробно описаны способы подготовки поверхности изделий к покрытию, а также технологические процессы, составы растворов и режимы работ при получении гальванических, химических, термодиффузионных и других защитно-декоративных и износостойких покрытий. Значительное внимание уделено также возможным неполадкам при нанесении покрытий, методам устранения и контролю качества различных покрытий. Приведенные в справочнике технологические процессы проверены на передовых предприятиях СССР.

Гл. I, III, V, VI, IX, XIII, XIV и XV составил В. А. Ильин.

Гл. II, IV, VII, VIII, X, XI и XII составил А. М. Ямпольский.

Все замечания по справочнику авторы просят направлять в адрес Ленмашгиза.

Авторы

Г Л А В А I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Понятие о коррозии и борьба с ней

Коррозией называется процесс разрушения металлов под действием химических или электрохимических факторов. Процесс коррозии заключается в окислении металла и превращении его в соответствующие химические соединения.

Коррозия причиняет огромный ущерб народному хозяйству. Статистика показывает, что из общего количества выплавляемого металла около 10% полностью разрушается коррозией, а $\frac{2}{3}$ металла, в виде готовых изделий, по этой причине преждевременно выходит из употребления.

Наиболее интенсивно коррозионному разрушению подвергаются черные металлы — углеродистая сталь и чугун, в то время как некоторые цветные металлы и сплавы: хром, никель и их сплавы — медь и ее сплавы (бронза), алюминий и др. относительно устойчивы. Весьма устойчивы против атмосферной коррозии хромоникелевые стали.

В табл. I дана оценка коррозионной устойчивости различных металлов в некоторых растворах.

Коррозионное разрушение металла, как правило, происходит неравномерно и часто носит местный (точечный) или межкристаллитный характер. Нередко процесс коррозии является следствием образования на металлической поверхности микроскопических гальванических элементов, в которых роль электродов выполняют частицы разнородных металлов. При попадании на поверхность металла влаги в гальванических элементах (или так называемых гальванических парах), имеющих замкнутую внешнюю цепь, возникает электрический ток, аналогично тому, как это происходит в гальванических элементах, являющихся источниками электрического тока. Известно, что в таких элементах электрод, заряженный отрицательно (обычно цинк), вследствие электрохимических процессов постепенно растворяется. Точно также в гальванических парах происходит растворение частиц, выполняющих роль отрицательных электродов.

Растворяющийся электрод называется анодом. Роль анодов в гальванических парах выполняют участки поверхности металла по своим химическим свойствам являющиеся более активными, а по своему электрохимическому потенциалу заряженные более отрицательно, чем соседние участки. Например, основными структурными составляющими углеродистой стали являются частицы технически чистого железа (феррит) и частицы химического соединения железа с углеродом (цементит), которые при попадании на них влаги образуют гальванические элементы. Роль анодов в них выполняет железо, вследствие растворения которого имеет место образование точечных углублений или раковин.

Таблица 1

Оценка коррозионной стойкости некоторых металлов
в различных средах

Металл	Влажный воздух, не содержащий солей	Морская вода	Раствор едкого натра		Серная кислота		Соляная кислота		Азотная кислота	
			холодный	горячий	холодная	горячая	холодная	горячая	холодная	горячая
Углеродистая сталь	2	2	4	4	1	1	1	1	1	1
Нержавеющая сталь	4	4	4	4	2	2	2	2	4	2
Алюминий	3	2	1	1	2	1	1	1	3	3
Бронза оловянистая	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1
Бронза алюминиевая	4	4	3	3	2	1	2	1	1	1
Хром	4	4	4	4	3	3	1	1	4	4
Никель	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1
Кадмий	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1
Цинк	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Медь	2	2	4	3	2	1	2	1	1	1
Латунь	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1
Свинец	4	3	2	1	4	3	3	2	1	1
Олово	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1
Серебро	4	4	4	4	4	3	4	3	2	1
Золото	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Платина	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Условные обозначения: 1 — разрушается, растворяется, 2 — корродирует; 3 — медленно корродирует; 4 — стоек в данной среде.

Коррозионный процесс наиболее энергично протекает в местах контакта разнородных металлов. Например, алюминиевые детали интенсивно растворяются, если они работают в контакте с латунными, так как алюминий отличается большей химической активностью и имеет более отрицательный потенциал, чем латунь. На поверхности никелированных стальных деталей в местах, где покрытие повреждено или имеет поры, образуется ржавчина, что происходит за счет разрушения железа, которое по отношению к никелю является анодом.

Некоторое представление об электрохимическом поведении разнородных металлов при контакте их во время работы можно получить при сопоставлении соответствующих им значений нормальных электродных потенциалов.

Нормальным электродным потенциалом называется потенциал металла, возникающий при погружении его в раствор, содержащий один грамм-ион данного металла. Значения нормальных электродных потенциалов некоторых металлов приведены в табл. 2.

Таблица 2

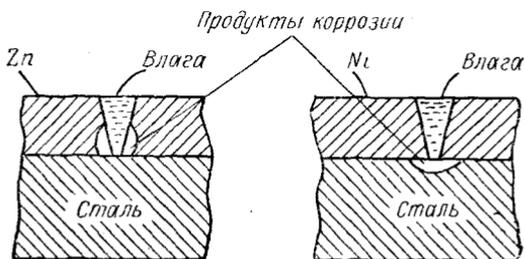
Нормальные электродные потенциалы металлов

Металл	Ионы металла в растворе	Нормальный потенциал в в	Металл	Ионы металла в растворе	Нормальный потенциал в в
Калий . . .	K ⁺	-2,92	Никель .	Ni ²⁺	-0,25
Кальций . .	Ca ²⁺	-2,87	Олово . .	Sn ²⁺	-0,14
Натрий . . .	Na ⁺	-2,71	Водород .	H ⁺	0
Магний . . .	Mg ²⁺	-2,38	Олово . .	Sn ⁴⁺	+0,05
Титан	Ti ²⁺	-1,75	Медь . . .	Cu ²⁺	+0,34
Алюминий .	Al ³⁺	-1,67	Серебро .	Ag ⁺	+0,80
Цинк	Zn ²⁺	-0,76	Палладий	Pd ²⁺	+0,83
Хром	Cr ³⁺	-0,71	Ртуть . . .	Hg ²⁺	+0,85
Железо . . .	Fe ²⁺	-0,44	Платина .	Pt ²⁺	+1,2
Кадмий . . .	Cd ²⁺	-0,40	Золото . .	Au ⁺	+1,68
Кобальт . . .	Co ²⁺	-0,28			

Электрохимический ряд напряжений имеет большое значение для определения химических свойств металлов и направления протекающих химических реакций. Металлы с более отрицательным потенциалом вытесняют из растворов солей более положительно заряженные металлы, например, железо вытесняет медь, медь — серебро и т. д.

Из двух сопряженных металлов растворимым электродом (анодом) является тот металл, который имеет более отрицательный потенциал. Поэтому наиболее эффективная защита от коррозии обеспечивается такими

покрытиями, которые, образуя в сочетании с металлом основы гальваническую пару, сами растворяются, но предупреждают разрушение основного металла изделия. Так, например, цинковое покрытие, имеющее более отрицательный потенциал, чем железо, значительно лучше защищает его от коррозии, чем никелевое, которое по отношению к железу имеет более положительный потенциал и является катодом. Покрытия, имеющие



Фиг. 1. Схема коррозионных процессов.

по сравнению с основным металлом детали более отрицательный потенциал, называются **анодными**, а более положительный — **катодными**.

На фиг. 1 показан характер коррозионного процесса при наличии анодных и катодных покрытий.

2. Виды защитных покрытий

Защита металлических изделий от коррозии, придание им требуемой декоративной отделки или сообщение поверхностному слою деталей необходимых свойств (твердости, износостойкости, электропроводности, теплоустойкости и т. д.) осуществляется обычно с помощью металлических или неметаллических покрытий. К наиболее распространенным видам покрытий (кроме методов металлизации, рассматриваемых отдельно в гл. XIII) относятся гальванические и химические покрытия.

Гальванические покрытия основаны на выделении металлов из растворов их солей под действием электрического тока. Осаждение металла на детали происходит при условии подключения ее к отрицательному полюсу источника тока. Таким образом, деталь является отрицательным электродом, называемым катодом. Второй электрод, подключаемый к положительному полюсу источника тока, называется анодом.

Гальванический способ обеспечивает покрытие деталей чистыми металлами или сплавами с минимальными потерями металлов, применяемых для покрытий.

Химические покрытия представляют собой пленки определенного химического состава, которые образуются на поверхности металла в результате воздействия на него химических реагентов. Наибольшее распространение получили окисные и фосфатные пленки.

Лакокрасочные покрытия основаны на образовании пленки из органического вещества и пигмента. Лакокрасочные покрытия,

нанесенные на поверхность металла в виде одного или нескольких слоев лака или краски, после высыхания образуют непрерывные защитные и декоративные пленки.

Эмалевые покрытия представляют собой стекловидные пленки, образующиеся в результате оплавления при высоких температурах неметаллических порошков на основе двуоксида кремния.

3. Основные сведения по химии

Молекула — мельчайшая частица вещества, сохраняющая все его химические свойства.

Атом — мельчайшая частица, образующаяся при делении молекул в химических реакциях.

Атомный вес — вес атома, выраженный в кислородных единицах (см. табл. 3). Кислородная единица равна $\frac{1}{16}$ веса атома кислорода. Атомный вес элемента, выраженный в граммах, называется грамм-атомом.

Молекулярный вес — вес молекулы, выраженный в кислородных единицах. Он равен сумме весов всех атомов, составляющих молекулу. Молекулярный вес вещества, выраженный в граммах, называется грамм-молекулой.

Эквивалентный вес — атомный вес элемента или молекулярный вес вещества, деленный на валентность. Эквивалентный вес, выраженный в граммах, называется грамм-эквивалентом.

Растворы. Химические соединения делятся на кислоты, щелочи (основания), окислы, соли. В гальванических цехах практически применяются все эти вещества в виде их водных растворов. Концентрация растворенных веществ выражается одним из следующих способов:

- 1) числом граммов вещества, растворенного в 1 л раствора (г/л);
- 2) числом граммов вещества, растворенного в 100 г раствора (% по весу);
- 3) числом объемов данной жидкости, содержащейся в 100 объемах раствора (% по объему).

Для пересчета концентрации, выраженной в % по весу, на количество граммов в литре необходимо число процентов умножить на удельный вес раствора и на 10. Например, концентрация в г/л 20-процентного раствора хлорного железа уд. веса $1,182 \text{ Г/см}^3$ будет составлять:

$$20 \cdot 1,182 \cdot 10 = 236,4 \text{ г/л.}$$

Для обратного пересчета число граммов в литре делится на удельный вес раствора и на 10. Например, процентное содержание раствора сернокислого цинка 200 г/л, имеющего уд. вес $1,1064 \text{ Г/см}^3$, составит:

$$\frac{200}{1,106 \cdot 10} = 18\%.$$

В табл. 4—9 представлена зависимость между концентрацией и удельным весом растворов некоторых веществ.

Кислотность растворов. В водных растворах молекулы солей, кислот и щелочей диссоциируют (распадаются) на электрически заряженные частицы — ионы. Так, например, в растворе серной кислоты H_2SO_4 молекулы последней диссоциируют на положительно заряженные ионы

Таблица 3

Атомные веса некоторых элементов

Наименование	Обозначение	Валентность	Атомный вес	Наименование	Обозначение	Валентность	Атомный вес
Азот	N	3,5	14,008	Марганец	Mn	2—7	54,94
Алюминий	Al	3	26,08	Медь	Cu	1,2	63,54
Барий	Ba	2	137,36	Молибден	Mo	3, 4, 6	95,95
Бериллий	Be	2	9,013	Мышьяк	As	3, 5	14,91
Бор	B	3	10,82	Натрий	Na	1	23,0
Бром	Br	1,5	79,916	Никель	Ni	2	58,69
Ванадий	V	3,5	50,95	Олово	Sn	2, 4	118,7
Висмут	Bi	3	209,0	Палладий	Pd	2, 4	106,7
Водород	H	1	1,008	Платина	Pt	2, 4	195,23
Вольфрам	W	6	184,0	Радий	Ra	2, 3	102,91
Германий	Ge	4	72,6	Ртуть	Hg	1, 2	200,6
Железо	Fe	2,3	55,85	Сера	S	2, 4, 6	32,066
Золото	Au	1,3	197,0	Свинец	Pb	2	207,21
Индий	In	3	114,76	Серебро	Ag	1	107,88
Йод	J	1, 5, 7	126,91	Стронций	Sr	2	87,63
Кадмий	Cd	2	112,41	Сурьма	Sb	3, 5	121,76
Калий	K	1	39,1	Титан	Ti	4, 3	47,9
Кальций	Ca	2	40,08	Углерод	C	4, 2	12,011
Кислород	O	2	16,00	Фосфор	P	3, 5	30,975
Кобальт	Co	2	58,94	Фтор	F	1	19,0
Кремний	Si	4	28,09	Хлор	Cl	1, 3, 5, 7	35,5
Литий	Li	1	6,9	Хром	Cr	2, 3, 6	52,01
Магний	Mg	2	24,32	Цинк	Zn	2	65,38

Таблица 4

Удельный вес растворов азотной кислоты

Удельный вес	Содержание азотной кислоты в г		Удельный вес	Содержание азотной кислоты в г	
	в 100 г раствора	в 100 мл раствора		в 100 г раствора	в 100 мл раствора
1,000	0,1	0,1	1,180	29,38	34,7
1,020	3,7	3,8	1,200	32,36	38,8
1,040	7,26	7,5	1,240	38,29	47,5
1,060	10,68	11,3	1,290	45,95	59,39
1,080	13,95	15,1	1,320	50,71	66,9
1,100	17,11	18,8	1,360	61,27	84,6
1,120	20,23	22,7	1,410	67,5	95,2
1,150	24,84	28,6	1,440	74,68	107,5

Таблица 5

Удельный вес растворов серной кислоты

Удельный вес	Содержание серной кислоты в г		Удельный вес	Содержание серной кислоты в г	
	в 100 г раствора	в 100 мл раствора		в 100 г раствора	в 100 мл раствора
1,010	1,57	1,6	1,360	45,88	62,4
1,020	3,03	3,1	1,400	50,11	70,2
1,040	5,96	6,2	1,430	53,11	75,9
1,080	10,6	11,60	1,450	55,03	79,8
1,100	14,35	15,8	1,470	56,9	83,7
1,120	17,01	19,1	1,490	58,74	87,6
1,150	20,91	23,9	1,520	61,59	93,6
1,200	27,32	32,8	1,550	64,26	99,6
1,240	32,28	40,0	1,570	66,09	103,8
1,280	36,87	47,2	1,600	68,70	109,9
1,300	39,19	51,0	1,640	72,12	118,2

Продолжение табл. 5

Удельный вес	Содержание серной кислоты в г		Удельный вес	Содержание серной кислоты в г	
	в 100 г раствора	в 100 мл раствора		в 100 г раствора	в 100 мл раствора
1,670	74,66	124,6	1,800	86,92	156,4
1,700	77,17	131,2	1,820	90,05	163,9
1,740	80,68	140,4	1,835	93,56	171,7
1,760	82,44	145,1	1,849	90,12	182,3

Таблица 6

Удельный вес растворов соляной кислоты

Удельный вес	Содержание соляной кислоты в г		Удельный вес	Содержание соляной кислоты в г	
	в 100 г раствора	в 100 мл раствора		в 100 г раствора	в 100 мл раствора
1,000	0,16	0,16	1,060	12,19	12,9
1,008	2,0	2,01	1,070	14,1	15,0
1,010	2,14	2,2	1,080	16,5	17,4
1,015	3,12	3,2	1,100	20,01	22,0
1,018	4,0	4,07	1,120	23,82	26,7
1,020	4,13	4,2	1,140	27,66	31,15
1,025	5,15	5,3	1,150	29,57	34,0
1,030	6,15	6,3	1,160	31,52	36,6
1,040	8,16	8,5	1,170	34,15	39,8
1,045	9,48	9,6	1,180	35,39	41,8
1,050	10,7	10,7	1,200	39,11	46,9

Таблица 7
Удельный вес растворов фосфорной кислоты

Удельный вес	Содержание фосфорной кислоты в г		Удельный вес	Содержание фосфорной кислоты в г	
	в 100 г раствора	в 1000 мл раствора		в 100 г раствора	в 1000 мл раствора
1,004	1	10,04	1,335	50	667,5
1,025	5	51,37	1,379	55	758,5
1,053	10	105,3	1,426	60	855,6
1,082	15	162,4	1,475	65	958,8
1,113	20	222,9	1,526	70	1068
1,146	25	286,6	1,579	75	1184
1,180	30	354,2	1,633	80	1306
1,216	35	425,6	1,689	85	1436
1,293	45	581,9	1,746	90	1571
			1,870	100	1870

Таблица 8
Удельный вес растворов едкого натра и едкого кали

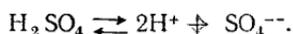
Концентрация в %	Удельный вес		Концентрация в %	Удельный вес	
	едкого кали	едкого натра		едкого кали	едкого натра
1	1,008	1,011	27	1,259	1,299
3	1,027	1,033	30	1,290	1,331
5	1,045	1,055	32	1,312	1,352
8	1,073	1,089	35	1,344	1,383
10	1,092	1,111	37	1,366	1,404
12	1,111	1,133	40	1,399	1,434
15	1,140	1,166	42	1,421	1,453
18	1,169	1,200	44	1,444	1,473
20	1,188	1,222	46	1,467	1,492
22	1,208	1,244	48	1,491	1,511
25	1,239	1,277	50	1,514	1,530

Таблица 9

Удельный вес растворов хромового ангидрида (при 15° С)

Удельный вес	Содержание хромового ангидрида		Удельный вес	Содержание хромового ангидрида	
	в %	в г/л		в %	в г/л
1,006	1	10,06	1,181	22	259,8
1,014	2	20,28	1,20	24	288
1,030	4	41,20	1,220	26	317,2
1,045	6	62,70	1,240	28	347,2
1,060	8	84,80	1,260	30	378,0
1,076	10	107,6	1,313	35	459,6
1,093	12	131,2	1,371	40	548,4
1,110	14	155,4	1,435	45	645,8
1,127	16	180,3	1,505	50	752,5
1,145	18	206,1	1,581	55	869,6
1,163	20	232,6	1,663	60	997,8

водорода (катионы) и отрицательно заряженные ионы кислотного остатка (анионы) по схеме:



Степень кислотности раствора определяется концентрацией в нем водородных ионов, которую обычно выражают количеством грамм-ионов на 1 л.

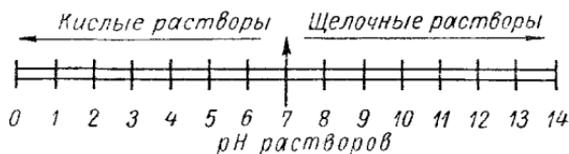
Для растворов с малой кислотностью, где концентрация ионов водорода достигает стотысячных долей грамм-ионов в 1 л, такой способ ее выражения практически неудобен. Например, кислотность электролита для цинкования определяется числом 0,00001 г·ион водорода на 1 л, что равно

$$\frac{1}{100\,000} = \frac{1}{10^5} = 10^{-5} \text{ г·ион/л.}$$

Для удобства кислотность растворов принято выражать так называемой величиной рН, за которую, в соответствии с приведенным примером, принимается показатель степени числа 10, взятый с обратным знаком. В рассмотренном примере величина рН = 5. Чистая дистиллированная вода, представляющая собой нейтральную среду, имеет концентрацию водородных ионов, равную 10^{-7} г·ион/л, и соответственно этому рН = 7.

Во всех случаях при понижении кислотности раствора величина рН возрастает более 7 и, наоборот, с повышением кислотности величина рН уменьшается и становится менее 7.

На фиг. 2 показаны значения рН для кислых и щелочных растворов. Определение величины рН растворов наиболее просто осуществляется при помощи индикаторных бумажек, которые представляют собой фильтровальную бумагу, пропитанную специальными веществами, способными изменять свою окраску в зависимости от степени кислотности раствора.



Фиг. 2. Шкала изменения величины рН.

Для определения кислотности электролитов гальванических ванн удобно пользоваться индикаторной бумагой «Рифан» Рижского филиала треста «Союзреактив».

В табл. 10 представлены данные по изменению окраски некоторых индикаторов в зависимости от рН растворов.

Таблица 10

Область изменения рН различных индикаторов

Индикатор	Область изменения рН	Изменение цвета
α-динитрофенол (0,05-процентный водный раствор)	2,0—4,7	Бесцветный—желтый
Бромфеноловый синий (0,04-процентный водный раствор)	3,0—4,6	Желтый—синий
Метилоранж (0,5-процентный спиртовой раствор)	3,1—4,4	Красный—желтый
Метиловый красный (0,02-процентный спиртовой раствор)	4,2—6,3	Красный желтый
Р-нитрофенол (0,01-процентный спиртовой раствор)	5,0—7,0	Бесцветный—желтый
Феноловый красный (0,02-процентный водный раствор)	6,8—8,4	Желтый—красный
Тропеолин 000 (0,01-процентный водный раствор)	7,6—8,9	Коричневый—желтый
Тимоловый синий (0,04-процентный водный раствор)	8,0—9,6	Желтый—синий
Фенолфталеин (1-процентный спиртовой раствор)	8,3—10,5	Бесцветный—красный

4. Основные сведения по гальванотехнике

Осаждение металлов на катоде или растворение их на аноде происходит в соответствии с законами Фарадея.

I-й закон. Весовое количество выделившегося на катоде или растворившегося на аноде вещества прямо пропорционально количеству прошедшего через раствор электричества.

II-й закон. При пропускании одинакового количества электричества через растворы различных электролитов количество каждого из выделившихся веществ пропорционально их химическим эквивалентам.

Количество электричества, представляющее собой произведение силы тока на время, выражается числом кулонов (кулон = ампер \times секунду) или ампер-часов.

Количество вещества, которое выделяется на электроде при прохождении через электролит одного кулона или одного ампер-часа электричества, называется электрохимическим эквивалентом.

В табл. II приведены значения электрохимических эквивалентов некоторых металлов.

Согласно II-му закону Фарадея для выделения на катоде грамм-эквивалента любого вещества необходимо пропускать через электролит количество электричества, равное 96 500 к или 26,8 а-час.

Выход по току. На катоде, как правило, кроме металла выделяется также и водород. Вследствие этого практически выделенное количество металла всегда меньше, чем рассчитанное теоретически. Выход по току есть коэффициент, показывающий, какую часть вещества (металла) можно действительно выделить на катоде, по сравнению с количеством, рассчитанным по закону Фарадея. Выход по току зависит от состава электролита и условий электролиза.

Значения величин выхода по току для различных электролитов приведены в соответствующих разделах справочника.

Плотность тока. Основным параметром, характеризующим процесс электролиза, является плотность тока на катоде (D_K) или на аноде (D_A), представляющая собой отношение силы тока к площади электрода, находящегося в электролите. Плотность тока обычно выражается в a/dm^2 или, реже, в a/cm^2 .

Для определения величины силы тока (I) на гальванической ванне необходимо заданную режимом плотность тока (D_K) умножить на суммарную поверхность деталей (S), одновременно загруженных в ванну

$$I = D_K \cdot S \text{ а.}$$

Типовые расчеты скорости осаждения металлов. В соответствии с законом Фарадея расчет толщины осаждаемого на катоде металла может быть произведен по формуле

$$\delta = \frac{D_K c t \eta \cdot 100}{d} \text{ мк,}$$

где δ — толщина покрытия в мк;

D_K — катодная плотность тока в a/dm^2 ;

t — время в час;

η — выход по току в %;

d — удельный вес в $г/см^3$;

c — электрохимический эквивалент в $г/а-ч$.

Таблица 11

Электрохимические эквиваленты некоторых металлов

Осаждаемый металл	Валентность	Электрохимический эквивалент	
		в г/а-ч	в мг/к
Медь (из кислого электролита) . . .	2	1,186	0,3294
Медь (из цианистого электролита)	1	2,372	0,6588
Никель	2	1,095	0,304
Хром	6	0,324	0,0898
Хром	3	0,648	0,1797
Цинк	2	1,220	0,3388
Олово из кислого электролита . . .	2	2,216	0,616
Олово (из щелочного электролита)	4	4,432	1,232
Кадмий	2	2,097	0,582
Железо	2	1,042	0,2893
Железо	3	0,694	0,1928
Серебро	1	4,025	1,118
Свинец	2	3,856	1,014
Золото	1	7,37	2,043
Золото	3	2,451	0,681
Марганец	2	1,025	0,2847
Сурьма	3	1,515	0,421
Палладий	2	1,99	0,553
Родий	2	0,52	0,144

Вычисление продолжительности процесса осаждения металла производится по формуле

$$t = \frac{d\delta}{D_{кт}\eta \cdot 100} \text{ час.}$$

Для расчета продолжительности процесса покрытия в цеховых условиях можно пользоваться данными табл. 12.

Продолжительность процесса или толщина покрытия могут быть определены при помощи таблиц, помещенных в соответствующих главах настоящего справочника.

МГПИ им. В. И. Ленина

Кафедра физики
Твердого тела
МГПИ им. В. И. Ленина

3293/62

Таблица 12

Толщина слоя покрытия, осажденного в течение 1 часа при
 $D_k = 1 \text{ а/дм}^2$

Металл	Выход по току в %	Скорость осаждения в мк/час	Металл	Выход по току в %	Скорость осаждения в мк/час
Цинк из кислых ванн	96	17	Медь из кислых ванн	100	13
Цинк из цианистых ванн	80	14	Медь из цианистых ванн	60	16
Кадмий из кислых ванн	95	23	Никель	98	12
Кадмий из цианистых ванн	90	22	Хром	13	0,6
Олово из кислых ванн	90	27	Железо	95	12
Олово из щелочных ванн	65	8	Свинец	100	33
			Серебро	100	37
			Золото	70	26
			Индий	70	13
			Палладий	90	15

5. Твердость гальванических осадков

Гальванические покрытия отличаются большей твердостью, чем соответствующие им металлы, выплавленные в металлургических печах. В табл. 13 помещены данные по твердости электролитических осадков некоторых гальванических покрытий.

Таблица 13

Твердость металлических покрытий, полученных гальваническим способом

Покрытие	Твердость по Бриггелю (НВ) в кг/мм ²	Покрытие	Твердость по Бриггелю (НВ) в кг/мм ²
Цинк	50—60	Медь из кислых электролитов	60—80
Кадмий	12—60	Медь из цианистых электролитов	120—150
Олово	12—60	Никель из горячих электролитов	140—160
Свинец	3—10		
Серебро	60—140		

Продолжение табл. 13

Покрытие	Твердость по Бри-нелю (НВ) в кг/мм ²	Покрытие	Твердость по Бри-нелю (НВ) в кг/мм ²
Никель из электролитов, осажденный при комнатной температуре	300—350	Железо из горячих хлористых электролитов	80—150
Никель из электролитов блестящего никелирования	500—550	Железо из холодных хлористых электролитов	350—400
Золото	40—100	Железо из сернокислых электролитов	250—300
Родий	600—650	Хром (по Виккерсу)	400—1200

6. Чистота поверхности

Чистота поверхности деталей, подвергающихся гальваническим покрытиям, имеет большое значение для коррозионной стойкости деталей и износостойкости покрытия. Чем меньше шероховатость (высота неровности деталей), тем выше их коррозионная стойкость и износостойкость.

Классификация чистоты поверхности по классу определяется ГОСТ 2789—59. В зависимости от максимальных числовых значений высоты неровностей (R_z в мк) или среднего арифметического отклонения профиля (R_a в мк) при базовых длинах l установлено 14 классов чистоты поверхности. Данные о классах чистоты поверхности приведены в табл. 14.

Таблица 14

Классы чистоты поверхности

Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в мк	Высота неровностей R_z в мк	Базовая длина l в мм
	не более		
1	80	320	8
2	40	160	
3	20	80	
4	10	40	2,5
5	5	20	

Продолжение табл. 14

Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a мк	Высота неровностей R_z в мк	Базовая длина l в мм
	не более		
6	2,5	10	0,8
7	1,25	6,3	
8	0,63	3,2	
9	0,32	1,6	0,25
10	0,16	0,8	
11	0,08	0,4	
12	0,04	0,2	
13	0,02	0,1	0,08
14	0,01	0,05	

Чистота поверхности деталей, подвергающихся гальваническим покрытиям, выбирается в зависимости от назначения покрытия, а также требований к его коррозионной стойкости, износостойкости, отражательной способности и др.

Обрабатывать детали ниже 5-го класса не следует, потому что гальванические покрытия получаются низкого качества.

Чистота поверхности деталей после нанесения гальванических покрытий, как правило, не изменяется (табл. 15).

Таблица 15

Изменение чистоты поверхности деталей в результате нанесения гальванических покрытий

Вид покрытия	Классы чистоты поверхности	
	до нанесения покрытия	после нанесения покрытия
Никелирование глянцевого	7—10	10—13*
Никелирование матовое	5—8	5—8
Хромирование блестящее	7—10	10—13*
Хромирование матовое	5—7	5—7

Продолжение табл. 15

Вид покрытия	Классы чистоты поверхности	
	до нанесе- ния покрытия	после на- несения покрытия
Цинкование	7—8	5—7
Кадмирование	7—10	7—9
Лужение (оловянирование)	6—8	6—8
Серебрение блестящее	7—9	10—13 *
Серебрение матовое	5—6	6—7
Воронение стали	6—9	6—8
Оксидирование латуни	7—9	6—8
Анодирование алюминия	6—7	6—7
Фосфатирование	5—6	4—5

* Высокая чистота поверхности после нанесения покрытия достигается полированием.

7. Основные сведения по математике

Для расчета силы тока на ванне необходимо располагать данными о площади покрываемых деталей.

Вычисление поверхности деталей выполняется по данным чертежа или измерений размеров детали с помощью линейки и штангенциркуля.

Поверхность деталей, имеющих форму простых геометрических тел (цилиндр, призма, пирамида, конус и др.) определяется по известным из геометрии формулам расчета площадей (см. табл. 16).

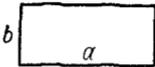
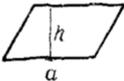
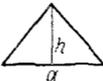
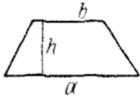
Поверхность деталей, имеющих сложную конфигурацию, условно разделяется на более простые элементы, площади которых могут быть легко вычислены по отдельности. При этом участки поверхности, имеющие неправильную форму, приближенно приравниваются к более простым фигурам — прямоугольнику, треугольнику, кругу и т. п.

Поверхность резьбовой части детали принимается в два раза большей, чем соответствующая ей поверхность цилиндра. Поверхностью малых участков детали таких, как фаски, шлицы, радиусы закругления и др., практически пренебрегают.

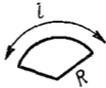
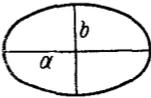
Величина поверхности деталей после подсчетов определяется количеством квадратных миллиметров, так как линейные размеры поверхности берутся в миллиметрах. Для выражения значения, полученного в квадратных дециметрах, результат в миллиметрах следует разделить на 10 000.

Таблица 16

Площадь плоских фигур

Фигура	Площадь фигуры (S)
Прямоугольник (квадрат) 	$S = ab$
Параллелограмм 	$S = ah$
Треугольник 	$S = \frac{1}{2} ah$
Трапеция 	$S = \frac{a+b}{2} h$
Шестиугольник 	$S = 3ar$ $r = \frac{1}{2} \sqrt{3} a$
Круг 	$S = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$ $\pi = 3,14$

Продолжение табл. 16

Фигура	Площадь фигуры (S)
<p data-bbox="139 374 215 399">Сектор</p> 	$S = \frac{Rl}{2}$
<p data-bbox="139 551 225 576">Сегмент</p> 	$S = \frac{1}{2} [Rl - c(R - h)]$
<p data-bbox="139 727 218 752">Эллипс</p> 	$S = 3,14ab$

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнер Я. В., Дасоян М. А., Дринберг М. А., Тарасенко А. А., Хаин И. И., Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Машгиз, 1951.
2. Бахвалов Г. Г., Биркган Л. Н., Лабутина В. П., Справочник гальваностега, ГНТИ черной и цветной металлургии, 1954.
3. Вячеславов П. М., Основы гальванотехники, Лениздат, 1960.
4. Ямпольский А. М., Гальванотехника, Машгиз, 1952.

Г Л А В А II

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЦЕХАХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

1. Аноды и их характеристика

Характеристика пластинчатых анодов общего назначения для основных видов покрытия приведена в табл. 17.

Таблица 17

Характеристика пластинчатых анодов

Наименование и характеристика	Размеры в мм	Состав по ГОСТ	Вредные примеси, требующие проверки
Аноды цинковые марок ЦО, Ц1 и Ц2, ГОСТ 1180—41, Уд. вес 7,1. Температура плавления 419° С. Прокат. Аноды должны быть ровно обрезаны и не должны иметь трещин и царапин. Без тары	1000×500×5 500×500×6 900×300×6 1000×500×6 900×600×6 900×120×8 900×320×8 900×500×8 600×120×10 450×200×10 800×500×10 450×200×12 700×500×12	По ГОСТ 3640—47 содержат в %: цинка не менее 99,8; свинца не более 0,03; железа не более 0,07; меди не более 0,002; мышьяка не более 0,005; олова не более 0,002; сурьмы не более 0,005; висмута не более 0,002	Проверить на содержание, железа, меди и мышьяка. По техническим условиям цеха остальные примеси не существенны для качества покрытий
Аноды кадмиевые марок КДО и КД1, ГОСТ 1468—53	При толщине 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 15 выпускаются шириной 150 и 300, длиной 500	Изготовление из марок КДО и КД1 по ГОСТ 1467—58	Проверить на содержание свинца, мышьяка и олова

Продолжение табл. 17

Наименование и характеристика	Размеры в мм	Состав по ГОСТ	Вредные примеси, требующие проверки
Аноды оловянные. Марки О1 для покрытия пищевой аппаратуры. Уд. вес. 7,3. Температура плавления 232°С	Аноды отливают непосредственно в цехе по требуемым размерам в поддоны из кровельного железа	По ГОСТ 860—60 содержит в %: олова не менее 99,90; свинца не более 0,04; меди не более 0,01; мышьяка не более 0,015	Проверить на содержание свинца, меди, мышьяка и серы по ГОСТ 5637—56
Аноды свинцовые, растворимые для свинцевания, марок С0, С1 и С2, ГОСТ 3778—56. Уд. вес. 11,34. Температура плавления 327°С	Аноды нарезают или отливают непосредственно в цехе по требуемым размерам из чушек весом по 30—40 кг	По ГОСТ 3778—56 свинец марки С1 содержит свинца не менее 99,985% Анализ химического состава по ГОСТ 2076—58	Проверить на содержание железа не более 0,001 и сурьмы не более 0,01
Аноды свинцовые, нерастворимые для хромирования, сурьмянистые	Отливка по требуемым размерам производится в цехе из чушек	По ГОСТ 1292—57 свинец сурьмянистый марки С СУ1 содержит 4—6% сурьмы	Проверить на содержание сурьмы
Аноды медные марки М1. Уд. вес 8,9. Кромки анодов должны быть ровными, без разрыва, поверхность ровная, без трещин и пленок. Температура плавления 1084°С	Выпускаются толщиной от 2 до 15, шириной от 100 до 1000 и длиной от 3000 до 2000, а также нарезаются в цехе из листов медной меди	По ГОСТ 767—41 содержит в %: меди не менее 99,7; мышьяка не более 0,002; сурьмы не более 0,005; железа не более 0,05	Проверить по ГОСТ 635—52 на содержание мышьяка, сурьмы, а также серы

Продолжение табл. 17

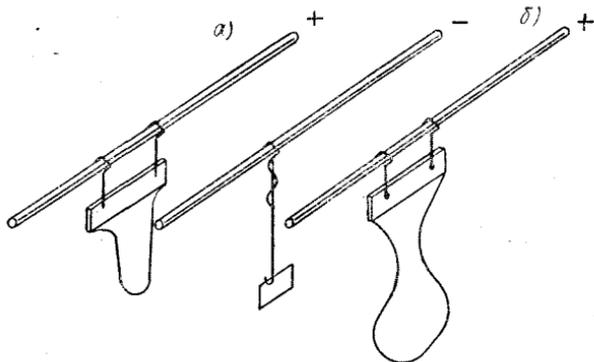
Наименование и характеристика	Размеры в мм	Состав по ГОСТ	Вредные примеси, требующие проверки
Аноды никелевые горячекатаные, марок НПА1 и НПА2, и непассивирующиеся марки НПАН. Уд. вес 8,8. Температура плавления 1452°С	Выпускаются прямоугольные толщиной от 4 до 12, шириной от 100 до 250 и длиной от 400 до 1500 и овального сечения 80×35 длиной от 400 до 1200	По ГОСТ 2132—58 содержат в %: никеля и кобальта не менее 99,5; железа не более 0,25; серы не более 0,02; меди не более 0,10	Проверить по ГОСТ 634—56 на содержание наиболее вредных примесей серы и меди
Аноды серебряные марки Ср 999,9 с двумя отверстиями и для завески, уд. вес 10,5	Выпускаются прямоугольные толщиной от 2 до 10, шириной 50, 100 и 150 и длиной от 100 до 300	Сортамент анодов определен в ГОСТ 6838—54	Химический состав определяют по ГОСТ 6836—54
Аноды золотые марки Зл 999,9 с двумя отверстиями Ø 5—6 для завески, уд. вес. 19,3	Выпускаются прямоугольные толщиной от 0,1 до 5, шириной 50, 100 и 150 и длиной 100, 200 и 300	Сортамент анодов определен в ГОСТ 6837—54	Химический состав анодов определяется по ГОСТ 6837—54
Аноды для осаждения металлов платиновой группы: платина, палладий, родий и иридий	Размеры пластин для анодных процессов устанавливаются в цехе по требованию производства	Все металлы платиновой группы должны содержать не менее 99,7% основного металла	Химический состав металлов определен по ГОСТ 8395—57

2. Эксплуатация, очистка и степень использования анодов

При электролитическом осаждении металлов и применении для этого растворимых анодов существуют следующие общие правила их эксплуатации.

1. Крюки для завески анодов на анодные штанги должны быть выше уровня электролита.

2. Для электролитов, которые следует особо предохранять от засорения анодным шламом, аноды необходимо содержать в чехлах из ткани



Фиг. 3. Растворение анодов в зависимости от глубины погружения деталей: а — нормальное растворение; б — растворение при глубоком погружении анода.

устойчивой в данном электролите. Особенно чувствительны к этому виду загрязнения никелевые электролиты. Для никелевых анодов чехлы изготовляют из льняной ткани.

3. Каждую смену по окончании работы аноды следует удалять из ванн, снимать чехлы и чистить аноды до металлического блеска щетками из стальной проволоки. После чистки аноды и чехлы промывают в холодной проточной воде.

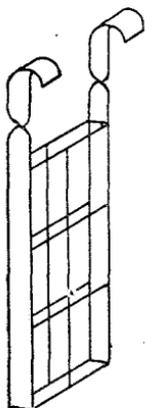
4. Количество анодов, завешиваемых на анодные штанги, должно быть возможно большим, чтобы исключить возможность пассивирования их поверхности вследствие чрезмерно высокой анодной плотности тока.

5. Расположение анодов в ванне должно обеспечить равномерность покрытия деталей со всех сторон. Часто для этой цели применяют клеточное расположение анодов.

6. Глубина погружения анодов должна соответствовать глубине погружения подвесок с деталями. При чрезмерно большой глубине погружения анодов, по сравнению с деталями, растворение анодов происходит неравномерно, как это показано на фиг. 3, а нижние кромки деталей покрываются грубыми, крупнокристаллическими осадками.

7. Для наиболее полного использования медных, цинковых, кадмиевых и прочих растворимых анодов остатки и отходы анодного металла

целесообразно укладывать в плоские анодные рамки из металла, нерастворимого в этом электролите, или из пластмассы и применять их в качестве сборных анодов (фиг. 4).



Фиг. 4. Плоский каркас для использования анодных отводов.

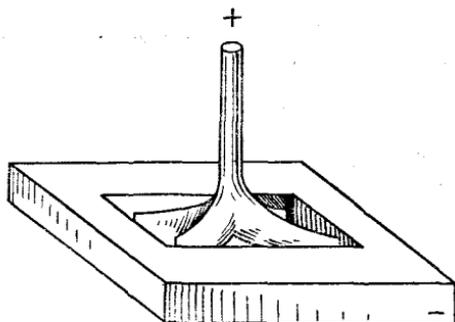
В связи с большой трудоемкостью и профессиональной вредностью механической очистки свинцовых анодов для ванны хромирования лучше применять их химическую очистку в растворе следующего состава при режиме работы:

Сода каустическая	80—120 г/л
Сегнетова соль	80—100 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	1—2 часа (с последующей промывкой в проточной воде)

3. Изготовление и применение анодов специального назначения

Кроме пластинчатых анодов, применяемых для покрытия наружных и относительно гладких поверхностей, для равномерного покрытия внутренних полостей, трубчатых изделий и деталей сложной формы часто приходится изготавливать аноды, соответствующие профилю деталей. В простейшем случае при покрытии внутренних цилиндрических поверхностей в качестве таких анодов используют проволоку или стержни круглого сечения. Для изделий сложного профиля, например при покрытии пресс-форм, внутренние аноды должны находиться в соответствии с формой полости и иметь выступающие отводы и ребра, направленные к внутренним углам детали, как это для примера показано на фиг. 5.

Для процессов цинкования, лужения, кадмирования, свинцевания и хромирования специальные аноды и стержни отливают в цехе по заданным профилям и размерам. При хромировании глубоких сквозных отверстий вместо свинца пользуются стальной проволокой или стержнями круглого сечения. Если такое хромирование производится постоянно, то для сохранности электролита проволоку покрывают свинцом. Для процесса меднения внутренние аноды изготавливают из медной проволоки, а для отверстий с большими диаметрами используют тянутую прутковую медь диаметром от 5 до 40 мм и прессованную от 14 до 120 мм, в соответствии с



Фиг. 5. Конструкция свинцового анода при покрытии внутренних полостей.

ГОСТ 1535—48. Аналогично, для этих же целей при никелировании используют никелевую проволоку марок НПО, НП1 и НП2 диаметром от 1 до 12 мм, как это указано в ГОСТ 2179—59. Для серебрения и золочения можно использовать проволоку серебряную и золотую, указанную в ГОСТ 7222—54. При осаждении платины можно применять чистую платиновую проволоку, выпускаемую по ГОСТ 8588—57 или по ГОСТ 8396—57, по которому предусмотрен выпуск проволоки из платины, а также из палладия и родия.

При изготовлении внутренних анодов следует придерживаться следующих правил, общих для всех покрытий:

1) сечение анода должно быть достаточным для прохождения через него тока, а диаметр его (в случае, если это цилиндр) должен иметь от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ диаметра отверстия покрываемого цилиндра;

2) установка анода точно в середине цилиндрической детали имеет большое значение для равномерности отложения слоя покрытия;

3) проводник, соединяющий анод с анодной штангой, должен быть выше уровня электролита.

4. Растворители, их характеристика и назначение

Органические растворители применяют при подготовке поверхности к покрытию главным образом для предварительного обезжиривания деталей. Промывка их органическими растворителями осуществляется при наличии консервационной смазки, следов краски, клеймения красителями и прочих жировых загрязнений, внесение которых в ванны щелочного обезжиривания нежелательно. Окончательное обезжиривание перед покрытием производят растворителями лишь в тех случаях, когда обработка в щелочных растворах недопустима. Пары всех органических растворителей ядовиты, поэтому при длительной работе с ними требуется применение вентиляции. Растворители разделяются на горючие и негорючие. Перечень растворителей приводится в табл. 18.

Таблица 18

Характеристика растворителей

Наименование	Характеристика
Четыреххлористый углерод технический	Бесцветен, легколетуч и негорюч; применяется для чистового обезжиривания, уд. вес 1,59, ГОСТ 4—40
Трихлорэтилен	Негорюч, уд. вес 1,4. Обезжиривание производится парами в закрытых моечных камерах
Дихлорэтан технический	Негорюч. Применяется для растворения органического стекла и других пластмасс. ГОСТ 1942—42
Керосин осветительный	Применяется для предварительного удаления масел и смазок при протирании щетками. ГОСТ 4753—49

Продолжение табл. 18

Наименование	Характеристика
Масло веретенное марки 2 и 3	Подогретое до 80—90° С служит для растворения пушечного сала, технического вазелина, солидола и прочих густых смазок. ГОСТ 1837—42
Бензин авиационный неэтилированный	Марка Б-70. Горюч. Допустим при чистовом обезжиривании. ГОСТ 1012—54.
Бензин автомобильный неэтилированный	Марки А72 и А74. Горюч. Для предварительной очистки. ГОСТ 2084—56
Бензин-растворитель	Марки БР-1 «Калоша» и БР-2. Горюч. Для резины. ГОСТ 443—56
Бензин-растворитель (уайт-спирит)	Для лакокрасочных работ и предварительной очистки. ГОСТ 3134—52
Ацетон технический	Горюч. Растворим в воде. Для целлулоида. ГОСТ 2768—60
Спирт этиловый ректификованный	Горюч. Растворим в воде. Для чистового обезжиривания. ГОСТ 5962—51
Разбавитель РДВ	Смесь растворителей. Горючая жидкость. ГОСТ 4399—48
Растворитель № 646	Смесь летучих растворителей. Горючая. ГОСТ 5630-51
Растворитель Р-4	Смесь растворителей. Горючая. Для перхлорвиниловых эмалей. ГОСТ 7827—55
Бензол каменноугольный (чистый)	Растворитель ароматического ряда. Горюч. ГОСТ 8448—57
Ксилол каменноугольный, растворитель	Бензольная смесь. Горючая. Для эмалей и лаков. ГОСТ 10465—39
Сольвент каменноугольный (технический)	Бензольная смесь. Горючая. Для эмалей и лаков. ГОСТ 1928—50
Скипидар (масло терпентинное)	Легучая бесцветная жидкость. Горючая. ГОСТ 1571—54

5. Щелочи и кислоты

В табл. 19 приведены характеристики наиболее применяемых щелочей и кислот.

Таблица 19

Характеристика щелочей и кислот

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Натр едкий NaOH технический (сода каустическая) плавленая кристаллическая масса. Уд. вес 2,02, растворимость в воде при 15—20° С 1088 г/л	Для химического, струйного и электрохимического обезжиривания, для щелочного воронения, лужения, цинкования и кадмирования	Марки А и Б твердый и марки А, Б, В, Г и Д жидкий, 42—50-процентный. Примеси — сода кальцинированная, железо. ГОСТ 2263—59
Едкое кали КОН технический — белая кристаллическая масса с фиолетовым оттенком, хорошо растворима в воде	Взамен каустической соды может применяться для всех процессов	Сорт высший А и Б, марка — твердый сорт А содержит 95% едкого кали. ГОСТ 9285—59
Сода кальцинированная Na ₂ CO ₃ (синтетическая). Белый кристаллический порошок. Уд. вес 2,5; растворимость 6000 г/л	Для электрохимического обезжиривания стали и химического обезжиривания цветных металлов	Марки — механическая, фотографическая, оптическая. Содержание соды не менее 95%. ГОСТ 5100—49
Аммиак водный NH ₄ OH технический — бесцветная жидкость с характерным запахом	Для подщелачивания растворов при щелочном химическом никелировании	Сорт 1-й и 2-й, содержит не менее 25% аммиака. ГОСТ 9—57

Продолжение табл. 19

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Венская известь — тонко измельченная обожженная известь СаО или доломит, предварительно освобожденные от песка и глины	В сухом виде или с водой для обезжиривания и удаления жировых загрязнений вручную или на крацевальных станках. Используется при обезжиривании крупных деталей сложной формы, а также деталей, обезжиривание которых в щелочных растворах недопустимо	Смесь обожженной извести (95%) и магнезин. Тара железные банки. ГОСТ 5308
Тринатрийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ технический — порошок белого цвета; растворимость в воде 95 г/л	Входит в состав растворов для обезжиривания черных и цветных металлов	Содержание тринатрийфосфата не менее 95%. ГОСТ 201—58
Жидкое стекло Na_2SiO_3 — водный раствор серого цвета, вязкий, полупрозрачный. Уд. вес. 1,4—1,5	Входит в состав растворов для химического и электрохимического обезжиривания	Марки содовое, содовосульфатное и сульфатное. ГОСТ 962—41
Серная кислота H_2SO_4 техническая — вязкая жидкость желтоватого оттенка. Уд. вес 1,84	Для травления и декапирования черных металлов, для электрополирования и химического фрезерования	Содержит примеси железа. ГОСТ 2184—59
Кислота соляная HCl синтетическая, техническая — бесцветная жидкость с острым запахом; уд. вес 1,19	Для травления и декапирования черных металлов, алюминия и свинца	Содержит не более 31% соляной кислоты. Примеси—железо. Тара — стеклянные бутыли. ГОСТ 857—57

Продолжение табл. 19

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Азотная кислота HNO_3 концентрированная техническая; уд. вес 1,38—1,4	Для травления меди и ее сплавов и осветления сплавов алюминия после травления в каустической соде	Выпускается 1-го и 2-го сорта. 1-й сорт содержит до 98% азотной кислоты. Примеси — серная кислота 0,08—0,12%. Тара — стеклянные бутылки или алюминиевые сборники. ГОСТ 701—58
Травильная присадка ЧМ — состоит из двух частей; регулятора Р и пенообразователя П	Служит для предохранения черных металлов от перетравливания и снижения профессиональной вредности	При травлении в серной кислоте оба компонента вводят в количестве 0,5—1 кг/м ³ . ТУ МНП 521—54
Меланж кислотный — смесь азотной и серной кислот	Для травления меди и ее сплавов и для осветления алюминиевых сплавов после травления в щелочах	Выпускается 1-го и 2-го сорта. 1-й сорт содержит 89% азотной кислоты и 7,5% серной кислоты. Тара — стеклянные бутылки. ГОСТ 1500—57
Ортофосфорная кислота H_3PO_4 — вязкая жидкость, уд. вес 1,6 или кристаллическая масса	Входит в состав растворов для химического и электрохимического полирования черных и цветных металлов	1-й сорт содержит не менее 70% фосфорной кислоты. ГОСТ 10114—39
Кислота фтористоводородная HF техническая — подвижная бесцветная жидкость, уд. вес 0,98	Для приготовления борфтористоводородной кислоты, как основы для различных электролитов и для травления титановых сплавов	Содержит не более 40% фтористоводородной кислоты. Примеси кремнефтористоводородной кислоты не являются вредными. Тара — эбонитовые банки до 20 л. ГОСТ 2567—54

Продолжение табл. 19

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Борная кислота H_3BO_3 — белые чешуйчатые кристаллы; растворимость в воде при 15—25 до 40 г/л	Для устойчивости никелевого электролита и для приготовления борфтористоводородной кислоты	1-й сорт содержит 99,5% борной кислоты. Вредных примесей нет. ГОСТ 2629—44
Хромовый ангидрид CrO_3 — плавленая кристаллическая масса вишнево-красного цвета, растворимость в воде без подогрева до 625 г/л	Входит в состав электролитов хромирования, электрополирования, оксидирования алюминия и растворения меди	Содержит не менее 99,2% хромового ангидрида. Примеси — серная кислота — до 0,4%. ГОСТ 2548—49

6. Соли и прочие химикаты, применяемые при покрытии металлов

В табл. 20 приведены характеристики солей и прочих химикатов, применяемых в гальванотехнике.

Таблица 20

Характеристика солей и химикатов

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Препарат «Мажеф» — порошок желтовато-серого цвета, полностью не растворяется в воде	Для фосфатирования черных и цветных металлов, обычного и ускоренного	Общая кислотность не менее 25. Нерастворимого остатка не более 6% по весу. ГОСТ 6193—52
Натрий азотнокислый $NaNO_3$ технический (селитра натриевая) — бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде	Для химического оксидирования (воронения) черных металлов	Содержит азотнокислого натрия не менее 99%. Тара — мешки или деревянные ящики. ГОСТ 828—54

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Натрий азотистокислый NaNO_2 технический (нитрит натрия) — мелкокристаллический белый порошок, хорошо растворимый в воде	Для химического оксидирования (воронения) черных металлов и для консервации водными растворами	Азотистокислого натрия содержится не менее 98%. Вредных примесей не содержит. ГОСТ 6194—52
Никель сернокислый $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ технический — кристаллы темно-зеленого цвета; растворимость без подогрева до 300 г/л	Для составления сернокислых электролитов никелирования	Сорт НС-3 содержит не более 0,001% цинка, не более 0,05% железа и не более 0,01% меди. Примеси остальных металлов вредны. ГОСТ 2665—44
Сернокислый натрий десятиводный $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ — бесцветные кристаллы; растворимость без подогрева более 400 г/л	Для повышения электропроводности никелевых и других электролитов	Содержит водного сульфата натрия не менее 96%. Вредных примесей не содержит. ГОСТ 6318—52
Магний сернокислый технический $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — белые кристаллы; растворимость без подогрева более 300 г/л	Для повышения электропроводности кислых электролитов	Содержит семи-водного сернокислого магния не менее 99%. Вредных примесей не содержит. ГОСТ 4523—48
Хлористый натрий NaCl — белые кристаллы; растворимость до 280 г/л (соль поваренная, пищевая)	Для активного растворения анодов в никелевых электролитах	Содержит не менее 97,5% хлористого натрия. Вредных примесей не содержит. ГОСТ 153—57
Дисульфонафталиновая кислота — непрозрачная светлая масса с розовым оттенком; растворима в воде	Применяется в качестве блескообразователя в никелевых и цинковых электролитах	Перед введением в ванну усредняется до нейтральной реакции щелочью. ТУ МХП 58—48

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Сернистый цинк технический $ZnSO_4 \times 7H_2O$ — белый кристаллический порошок, растворимость в воде свыше 900 г/л	Входит в состав сернистого электролита цинкования и электролита черного никелирования	Низшие сорта содержат обычно примеси железа, окрашивающие соль в ржавый цвет. ГОСТ 8723—58
Оксид цинка ZnO — белый порошок, нерастворимый в воде, растворим в цианистом натрии и в каустической соде	Входит в состав цианистого, цинкатного и борфтористоводородного электролитов цинкования	При отсутствии окиси цинка можно пользоваться сухими цинковыми белыми ГОСТ 202—41 ТУ МХП 1936—49
Алюминий сернистый $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ — бесцветные кристаллы; может быть заменен алюминиевыми квасцами	Применяется для устойчивости pH в сернистом электролите цинкования	Алюминиевые квасцы изготовляют в соответствии с ГОСТ 4329—48. ГОСТ 3758—47
Декстрин — желтый порошок, растворим в воде с образованием клейкого мутного раствора	Применяется как добавка в кислый электролит цинкования для мелкокристалличности покрытия	Сорт экстра и 1-й. Качество проверяют растворением отдельной пробы в опытной ванночке. ГОСТ 6034—51
Цианистый натрий $NaCN$ — белый порошок, растворимость в воде до 600 г/л; весьма ядовит	Применяется для составления всех цианистых электролитов, кроме серебряния и золочения	1-й сорт содержит не менее 89% цианистого натрия. Вредные примеси — углекислый натрий. Тара — железные барабаны. ГОСТ 8464—57
Фтористый натрий NaF — белые кристаллы, мало растворимые в воде	Для электролитов блестящего никелирования и солянокислого электролита лужения	1-й сорт содержит не менее 84% фтористого натрия. Сорт «чистый» ГОСТ 4463—48. ГОСТ 2871—45

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Хлористый никель $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — кристаллы светло-зеленого цвета; растворимость до 400 г/л	Для растворов химического никелирования, а также для некоторых электролитов при гальваническом никелировании	Шестиводный хлористый никель содержит на 20% больше никеля, чем серноокислый. Сорт ч. д. а. ГОСТ 4088—61
Гипофосфит натрия $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — белый порошок, хорошо растворимый в воде	Для растворов химического никелирования	Содержит 95% гипофосфита. Химически чистый продукт. ГОСТ 200—41
Лимоннокислый натрий — белый кристаллический порошок; растворимость в холодной воде до 700 г/л	Входит в состав раствора для щелочного химического никелирования	Вредных примесей не содержит. ГОСТ 3161—57
Хлористый аммоний NH_4Cl — белый кристаллический порошок, растворимость в воде до 300 г/л	Входит в состав щелочного раствора для химического никелирования и в аммикатный электролит цинкования	Вредных примесей не содержит. ГОСТ 3773—60
Уксуснокислый натрий $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ — белый кристаллический порошок; растворимость в воде до 780 г/л	Входит в состав кислого раствора для химического никелирования и в щелочной электролит лужения	Кристаллизуется с тремя частями воды, содержит 58% уксуснокислого натрия. Сорт «чистый» ГОСТ 199—52. ГОСТ 2080—43
Цианистый калий KCN — белый порошок; растворимость в воде до 700 г/л; весьма ядовит	Применяется для составления электролитов серебрения и золочения. Допускается применение для прочих электролитов	1-й сорт содержит не менее 95% цианистого калия. Вредные примеси — углекислый калий. Тара — железные барабаны. ГОСТ 8465—57

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Железистосинеродистый калий $K_4Fe(CN)_6$ — кристаллы светложелтого цвета, растворимость свыше 200 г/л	Применяется для составления нецианистых электролитов серебрения и золочения	Техническая соль известна также под названием желтой кровяной соли. ГОСТ 6816—54
Окись кадмия CdO — бурый порошок, нерастворимый в воде и в каустической соде; растворим в цианистом натрии	Применяется для составления цианистого электролита кадмирования	Содержит не менее 98,5% окиси кадмия. Примеси — медь, железо, свинец. ГОСТ 797—41
Серноокислый кадмий $CdSO_4 \cdot \frac{8}{3} H_2O$ — кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде (до 400 г/л)	Применяется при составлении кислых электролитов кадмирования	Вредные примеси — свинец, медь, железо. Сорт «чистый» ГОСТ 4456—56, примесей не содержит
Медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ — кристаллы синего цвета, растворимость в воде свыше 300 г/л	Применяется для составления всех кислых электролитов, а при отсутствии цианистой меди и для цианистых электролитов	Содержит не менее 98,2% серноокислой меди. Примеси — железо, нерастворимые соединения. Тара — деревянные бочки. ГОСТ 2142—58
Цианистая медь $CuCN$ — желтоватый порошок, нерастворимый в воде, растворим в цианистом натрии; весьма ядовит	Применяется для составления и корректировки медных цианистых электролитов	Содержание цианистой меди не менее 98%. Вредные примеси — углекислые соли
Сульфит натрия $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ — бесцветные кристаллы, растворимость в воде до 250 г/л	При отсутствии цианистой меди применяется для составления медных цианистых электролитов	Содержит не менее 88% семиводного кристаллического сульфита. Вредная примесь — сода. Тара — деревянная. ГОСТ 903—41

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Четыреххлористое олово $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — бесцветные кристаллы или дымящаяся безводная жидкость	Для приготовления щелочного электролита лужения (осторожно обращаться с безводным соединением)	ОСТ $\frac{5390}{21}$ для кристаллического и ОСТ 176 для дымящегося жидкого четыреххлористого олова
Сернокислое олово SnSO_4 — бесцветные кристаллы, растворимость в воде до 190 г/л	Для приготовления лужения	Обычно готовится непосредственно в цехе во время зарядки ванн лужения
Хромпик калиевый $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — технический — оранжевые кристаллы, растворимые в воде	Для пассивирования цинковых и кадмиевых покрытий и оксидных пленок на алюминии	Допускается замена на натрий дихромовокислый, ГОСТ 4237—48. ГОСТ 2652—48
Оксид свинца PbO (свинцовый глет) — тяжелый желтый порошок, нерастворимый в воде	Применяется при составлении различных электролитов для свинцевания	Имеется нерастворимый остаток, который после составления электролита удаляют. ГОСТ 5539—50
Азотнокислое серебро AgNO_3 — бесцветные кристаллы, растворимость в воде до 600 г/л (хранить в темном месте)	Применяется для получения комплексных солей серебра во всех электролитах серебрения	Вредных примесей не содержит. Растворение соли и осаждение хлористого серебра производить в темном месте. ГОСТ 1277—41
Йодистый калий KI — бесцветные кристаллы, растворимость в воде до 550 г/л	Применяется для составления нецианистого электролита серебрения	Вредных примесей не содержит. ГОСТ 4232—48

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Щавелевая кислота $H_2C_2O_4$ — бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде	Применяется для составления щавелевокислого электролита анодного оксидирования алюминия	Сорт «чистая», вредных примесей не содержит. ГОСТ 5873—51
Фенол (неочищенная карболовая кислота) — красная кристаллическая масса или жидкость с характерным запахом, 50-процентная	Применяется для сернокислого электролита лужения и фенолсульфонового электролита свинцевания	Наличие примесей в неочищенном феноле способствует улучшению покрытий при лужении. ГОСТ 236—54 или ОСТ 18232—40
Железный купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — кристаллы светло-зеленого цвета, хорошо растворимые в воде	Для электролита железнения и для обезвреживания всяких цианистых растворов и электролитов	Вследствие примеси серной кислоты при обезвреживании цианистых растворов добавляют соду. Тара — деревянная. ГОСТ 6981—54
Клей столярный — гладкие блестящие просвечивающие плитки желтого или коричневого цвета	Для мелкокристалличности покрытий в сернокислом электролите лужения и для наклейки наждачного порошка	Лучшие сорта — мездровый твердый с высокой хрупкостью. ГОСТ 3252—46
Сегнетова соль $KNaC_4H_4O_6$ — бесцветный кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде	Применяется при составлении цианистых медных электролитов для устранения пассивирования анодов	Сорт «чистая», вредных примесей не содержит. Применение ограничено высокой стоимостью. Тара — стеклянные банки. ГОСТ 5845—51

Продолжение табл. 20

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и примеси
Монофосфат цинка $Zn(H_2PO_4)_2$ — белый порошок, хорошо растворимый в воде	Входит в состав растворов для ускоренного фосфатирования	Не содержит вредных примесей. ТУ МХП 2109—49
Азотнокислый цинк $Zn(NO_3)_2$ — бесцветный кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде	Входит в состав растворов для ускоренного фосфатирования	Сорт «чистый», не содержит вредных примесей. ГОСТ 5106—49
Тиомочевина $CS(NH_2)_2$ — порошкообразная масса, растворимая в воде	Применяется как блескообразователь в сернокислых электролитах для меднения	Вредные примеси отсутствуют. ГОСТ 6344—52
Бифторид калия $KF \cdot HF$ — бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде	Применяется взамен фтористоводородной кислоты при химическом оксидировании алюминия	Вредных примесей не содержит. Зарядку производить в резиновых перчатках. Тара — стеклянные банки. ВТУ МХП 4066—53
Калий персульфат $K_2S_2O_8$ — белая порошкообразная масса, растворимая в воде	Применяется как окислитель при химическом оксидировании меди	Сорт «чистый», вредных примесей не содержит. ГОСТ 4146—48

7. Абразивные порошковые материалы

Характеристика абразивов в соответствии с ГОСТ 3238—46 и ГОСТ 3647—59 приведена в табл. 21.

*Таблица 21***Зернистость абразивов**

Группа зернистости и вид обработки	№ зернистости	Размерная характеристика зерен в мк	Обозначение зернистости в мин.
Шлифзерно для обдирки и грубого шлифования	12	2000—1700	
	16	1400—1200	
	24	850—700	
	36	600—500	
	46	422—355	
	60	300—250	
	80	210—180	
Шлифпорошок для грубого, а начиная с № 180, для чистового шлифования с просаливанием	100	150—125	
	120	125—105	
	150	105—85	
	180	85—75	
	220	75—63	
	240	63—53	3
	280	53—42	5
	320	42—28	10
Микропорошок для полирования, доводки и притирки с просаливанием	M28	28—20	15
	M20	20—14	30
	M14	14—10	60
	M10	10—7	120
	M7	7—5	240
	M5	5—3,5	—

8. Вспомогательные материалы

Наиболее важные вспомогательные материалы, применяемые в гальванотехнике, указаны в табл. 22.

Таблица 22

Характеристика вспомогательных материалов

Наименование и характеристика	Назначение и условия эксплуатации
Перекись водорода (пергидроль технический) 30-процентная ГОСТ 177—55	С разбавлением до 3-процентного раствора для корректировки никелевых электролитов
Смачивающие добавки ОП-7 и ОП-10 — густые жидкости. ГОСТ 8433—57	Для ускорения обезжиривания в электролитах блестящего никелирования в качестве пенообразующих
Уголь осветляющий, древесный, дробленый. ГОСТ 5696—51	Для удаления органических примесей из электролитов никелирования
Ткань из стеклянного волокна, фильтровальная. ГОСТ 8481—57	Для фильтрования никелевых и прочих слабокислых электролитов
Ткань фильтровальная капроновая. ГОСТ 8801—58	Для фильтрования различных электролитов
Ткань фильтровальная хлопчатобумажная. Бельтинг, ГОСТ 332—41	Для фильтрования никелевых щелочных электролитов и для чехлов к анодам
Целлулоид листовой технический, прозрачный. ГОСТ 576—41	Для электроизоляции приспособлений и для экранирования деталей
Винипласт листовой длиной 1300—1500, шириной 500—650, толщиной 2—20 мм. ТУ МХП 3823—53	Для футеровки гальванических ванн для электроизоляции подвесок
Фторопласт-4 в пленке, листах и изделиях—белая масса со скользкой поверхностью. ТУ МХП М-162—54	Как материал абсолютно химически стойкий во всех растворах, применяется для различных процессов

Продолжение табл. 22

Наименование и характеристика	Назначение и условия эксплуатации
Пластикат полихлорвиниловый листовой. ТУ МХП 1374—46	Для электроизоляции подвесок и местной изоляции деталей во всех растворах
Полиэтилен в пленке, в прутках и в крошке. ВТУ МХП 4138—55	Для изоляции во всех растворах для футеровки ванн, а в прутках в качестве поплавков на поверхности растворов
Текстолит листовой с толщиной от 0,5 до 70 мм. ГОСТ 2910—54	Для электроизоляции подвесок и футеровки ванн с кислыми растворами
Резина листовая невулканизированная № 1976, 829 и 2566	Для электроизоляции подвесок и футеровки ванн с кислыми и щелочными растворами
Паста полировочная, хромовая, литая. ГОСТ 8217—56	Для отделочных работ при полировании стали и гальванических покрытий
Круги полировочные войлочные разных диаметров. ОСТ 37216	С наклейкой абразивов для шлифования, а с пастами для полирования деталей и покрытий
Авиационные масла марки МС-14, МС-20 и МК-22. ГОСТ 1013—49	Для протирки деталей, покрытых оксидными и фосфатными пленками и черным никелем
Парафин технический. Температура плавления 42—50° С. ГОСТ 784—53	Совместно с канифолью и каменноугольным пеком для изоляции непокрываемых участков
Смазка пушечная (смазка УНЗ). Температура плавления 50° С. ГОСТ 300—51	Для длительной консервации деталей, инструментов и прочих изделий

Продолжение табл. 22

Наименование и характеристика	Назначение и условия эксплуатации
Вазелин технический (смазка УН). Температура плавления 54° С. ГОСТ 782—59	Для длительной консервации деталей, инструментов и прочих изделий
Смазка универсальная УС (солидол) марки УС-1, 2, 3. Температура плавления 75—90° С. ГОСТ 1033—51	Для длительной консервации деталей, инструментов и прочих изделий

9. Основные лакокрасочные материалы

В табл. 23 приведены те лакокрасочные материалы, которые по своим свойствам наиболее применимы в цехах защитных покрытий.

Таблица 23

Характеристика лакокрасочных материалов

Наименование	Назначение
Олифа натуральная льняная. ГОСТ 7931—56	Для олифирования цинковых, кадмиевых и фосфатных покрытий
Грунт лаковый желтый АЛГ-1, ТУ МХП 777—41	Применяется в качестве подслоя, повышающего надежность последующей окраски
Грунт № 138 для металлических поверхностей. ГОСТ 4056—48	Подслой, повышающий качество последующего покрытия эмалями и лаками
Грунт перхлорвиниловый ХСГ-26. Химически стойкий. ГОСТ 7313—55	Подслой, повышающий химическую стойкость покрытия эмалью ХСЭ26 или лаком ХСП
Шпаклевка лаковая АМ. ТУ МХП 3954—53	Для устранения неровностей и раковин перед окраской

Продолжение табл. 23

Наименование	Назначение
Шпаклевка перхлорвиниловая ПХВШ-23 ВТУ МХП 4222—54	Для устранения неровностей и раковин перед покрытием эмалью ХСЭ26
Цапонлаки целлулоидные № 951, 955, 956, 959, цветные. ГОСТ 5236—50	Для изоляции участков деталей, не подлежащих гальваническим покрытиям
Безмасляный лак № 67 (праймер). Асфальтовый лак с сушкой на воздухе 2 часа. ГОСТ 312—43	Для пропитывания фосфатных пленок с разбавлением по необходимости бензином
Эмаль перхлорвиниловая ХСЭ26 для покрытия по металлу. ГОСТ 6993—54	Для покрытия химического оборудования и деталей в целях защиты в кислых и щелочных растворах по грунту ХСГ—26
Лак перхлорвиниловый ХСЛ для покрытия по эмали ХСЭ26. ГОСТ 7313—55	Для повышения химической устойчивости эмали ХСЭ26 в кислых и щелочных растворах
Лаки бакелитовые марок СКС-1 СВС-1, СВС-1ФФ, А, Б, ЭФ, № 86. ГОСТ 901—56	Для устранения пористости металлических отливок и как покрытие, устойчивое в растворах кислот и солей
Лаки кремнеорганические электроизоляционные марки ЭФ. ТУ МХП 2300—56	Для электроизоляционного покрытия и пропитывания различных материалов
Лак кислотостойкий № 411 с сушкой на воздухе 48 час. ГОСТ 1347—41	Для покрытия металлического оборудования при воздействии растворов серной кислоты
Каменноугольный лак (кузбаслак). Химически стойкий. ГОСТ 1709—60	Для создания стойкости металлических конструкций в растворах кислот и щелочей
Лак ФГ-9 жаростойкий до температуры 450—500° С. ТУ МХП 2273—53	При добавлении 10—15% алюминиевой пудры (ГОСТ 5494—50) применяется как эмаль № 9

Продолжение табл. 23

Наименование	Назначение
Лак этиноль (дивинилацетиленовый лак) воздушной сушки. ВТУ 1267—54	Обычно применяется с добавками цинковой или алюминиевой пудры для защиты от соленой воды и щелочей до 50° С
Эмаль жаростойкая до 300—400°С АЛ-70.ТУ МХП КУ 312—53	Для антикоррозионной защиты металлических изделий при высоких температурах
Эмаль химически стойкая ХС-710 для температур до 60° С. ГОСТ 9355—60	Для защиты в кислых и щелочных растворах по грунту ХС-010. ГОСТ 9355—60
Эмали молотковые ПЭ29 МГ ВТУ № 2ХП 138—58	Для декоративной отделки оборудования и аппаратуры

10. Примеси и их влияние на качество покрытий

Указанные в табл. 17, 19, 20 материалы, аноды, щелочи, входящие в состав ванн, содержат примеси, важнейшие из которых приведены в этих таблицах. Анализ этих материалов на содержание примесей производится лабораторией по указанию цеха. При этом для решения о пригодности материала, если он содержит примесей больше, чем это предусмотрено ГОСТ или ТУ, надо всегда исходить из конкретных условий его применения.

Так, например, в соответствии с ГОСТ 2665—44 технический серно-кислый никель марки НС-3, обычно применяющийся для составления серно-кислых электролитов, должен содержать железа не более 0,05% и меди не более 0,01% в пересчете на металл.

Вместе с тем на практике по мере эксплуатации никелевого электролита концентрация железа и меди в нем возрастает во много раз по сравнению с начальной. Это часто происходит за счет случайно «утопленных» стальных деталей и медной проволоки, на которой они нередко завешиваются в ванну. При наличии на таких деталях подслоя меди содержание ее в электролите быстро увеличивается. Подобное увеличение содержания этих двух нежелательных примесей имеет место и в других кислых электролитах, например в ваннах цинкования, меднения, лужения и др. Удаление этих примесей в ряде случаев несложно и осуществляется при помощи специальных технологических методов (см. соответствующие покрытия). Благодаря этому очистка многих материалов, имеющих более низкое качество, чем это предусмотрено ГОСТ, может быть выполнена

цехом, если в технологии процесса покрытия существует простой и действенный способ очистки электролита.

Указанные соображения не относятся к чистоте анодов, которые при наличии в них вредных примесей будут являться постоянным источником загрязнения электролита и порчи покрытий. Например, при покрытии изделий пищевой промышленности совершенно недопустимо присутствие в оловянных анодах свинца ввиду его высокой вредности.

Примеси мышьяка и закисных соединений меди в медных анодах засоряют электролит анодным шламом и вызывают брак в покрытии, заключающийся в полосатости и грубозернистости осадков меди.

Особенно чувствительны к примесям в анодах электролиты золочения. Поэтому состав анодов при золочении должен всегда соответствовать требованиям ГОСТ.

11. Хранение химикатов

После получения химикатов со склада в кладовую цеха необходимо произвести наклейку ярлыков с подписями наименований полученного материала на каждый ящик, мешок, бутылку и прочую тару. Это позволит быстро и без ошибки находить требуемые химикаты. Отсутствие на таре маркировки, фабричной или цеховой, и выдача материалов по внешнему сходству часто приводит к порче электролитов, а иногда и к более тяжелым последствиям.

По этим же соображениям не рекомендуется пересыпать или переливать полученные химикаты из фабричной тары в цеховую, если в этом нет особой необходимости (порча тары, растворение цианистых солей и т. д.).

Кислоты (особенно азотную) следует хранить отдельно от всех химикатов, а также легко разлагающихся и легко загорающих веществ. При попадании пролитых кислот на химикаты или материалы возможно возникновение нежелательных реакций. В этом отношении весьма опасны соединения натрия с нитритом натрия, сульфитом натрия, сернистым натрием, фтористыми солями и другими легко распадающимися соединениями.

Чрезвычайно опасен также контакт хромового ангидрида с органическими растворителями и другими легко горючими веществами. Поэтому при вскрытии барабанов с хромовым ангидридом, при откалывании кусков его, а также при хранении таких окислителей, как хромовый ангидрид, хромпик, марганцевоокислый калий и др., следует по возможности изолировать их от материалов, способных к горению. Для установления состава неизвестного материала следует пользоваться только лабораторными анализами.

Освободившуюся фабричную тару, годную для использования в цехе, необходимо тщательно промыть и нейтрализовать по указанию мастера или технолога.

Г Л А В А III

ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА

1. Оборудование для подготовительных операций

Подготовка деталей к покрытию состоит в механической и химической обработке их поверхности. Для подготовки поверхности применяются шлифовальные, полировальные и крацевальные станки, галтовочные барабаны, пескоструйные установки, ванны для обезжиривания, промывания и травления.

Шлифовальные и полировальные станки. Шлифовально-полировальные станки, предназначенные для сглаживания поверхности деталей и придания ей блестящего вида, выпускаются промышленностью двухсторонними и разделяются на одношпиндельные и двухшпиндельные.

Двухшпиндельные двухсторонние станки оборудованы двумя двигателями, что позволяет каждый из шпинделей включать самостоятельно. Это обеспечивает одновременную и независимую друг от друга эксплуатацию обоих шпинделей. Работа на шлифовально-полировальных станках, как правило, осуществляется вручную; при обработке однотипных деталей и массовом производстве возможно применение автоматов и полуавтоматов специальных конструкций. Такие установки широко используются в автомобильной промышленности.

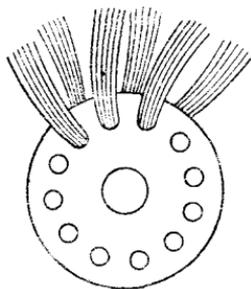
Шлифовально-полировальные станки такого типа имеют вращающийся вал с насаженными на его концах фетровыми кругами, покрытыми абразивом. Помимо этого имеются станки второго типа с мотором, вращающим систему роликов с натянутой на них бесконечной лентой, также покрытой абразивным порошком. Наиболее распространен первый тип станков, хотя высокая упругость бесконечной ленты имеет ряд преимуществ по сравнению с отделкой жестким кругом.

Мощность моторов для шлифовальных станков должна быть не менее 2,5—3 *квт*. При полировании она может быть снижена в 1,5—2 раза.

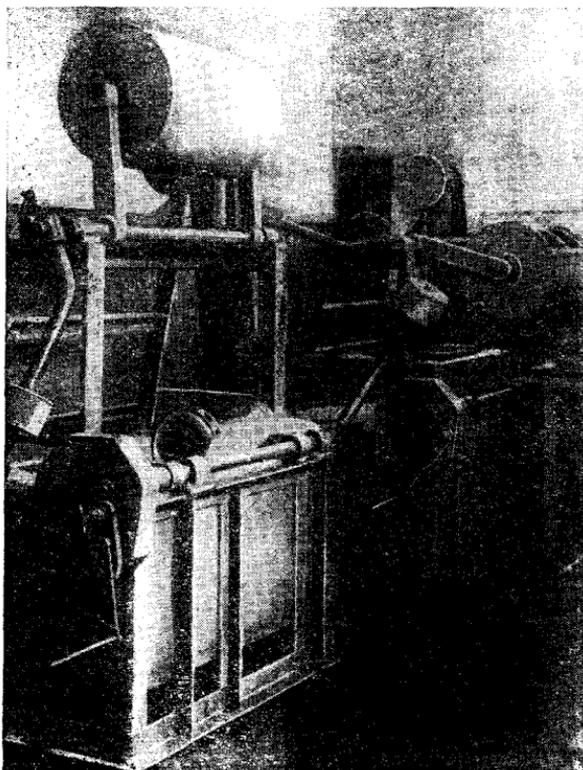
Шлифование деталей, подготовляемых к износостойким покрытиям или восстановлению размеров, потерянных вследствие износа, осуществляется на специальных шлифовальных станках, обеспечивающих требуемые размеры и правильную геометрическую форму деталей.

Для шлифовальных и полировальных станков необходимо помещение, отделенное от гальванических ванн. В противопожарных целях вентиляционные вытяжные системы для этих станков должны быть отдельными.

Станки для крацевания. Крацевание заключается в обработке поверхности детали круглыми металлическими щетками. При крацевании применяются станки типа шлифовально-полировальных со скоростью вращения щеток 1500—2000 об/мин. Мощность мотора на каждую щетку должна быть 0,25—1,2 *квт*. Крацевальные станки не требуют вентиляции, но ограждение щеток является обязательным.



Фиг. 6. Конструкция
секции для сборной
щетki.



Фиг. 7. Установка для подводного полирования.

Крацевание деталей осуществляется для уплотнения гальванических покрытий (олово, медь,) удаления остатков окислов с поверхности деталей после их травления и при удалении полировальных паст. Обработку обычно производят при подаче на поверхность детали 3—5-процентного раствора кальцинированной соды или венской извести.

При крацевании стальных деталей применяют щетки из стальной проволоки диаметром 0,15—0,25 мм. Для цветных металлов используют латунную проволоку диаметром 0,1—0,2 мм. Конструкция секции для сборной щетки изображена на фиг. 6.

Барабаны. Для полирования мелких деталей различной формы большое распространение в промышленности получили установки для полирования во вращающихся барабанах, получившие название «установок для подводного полирования». На фиг. 7 показана двухсекционная установка конструкции завода «Красногвардеец».

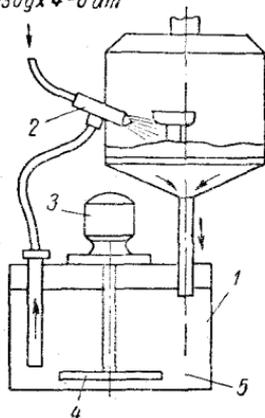
Установка состоит из двух стальных барабанов, расположенных один над другим. Нижний барабан перфорирован; диаметр отверстий перфорации 3—5 мм, шаг — 8—12 мм. При работе он полностью погружается в ванну с мыльной водой. Полирование поверхности осуществляется стальными шариками, фарфоровым боем, кусочками кожи и различными абразивными материалами, загружаемыми в барабан вместе с обрабатываемыми деталями. Верхний барабан служит для сушки деталей и дополнительного глянцеования древесными опилками.

Установки для пескоструйной очистки деталей. Пескоструйная обработка применяется для очистки поверхности деталей от окисины. Используется она главным образом при подготовке деталей перед нанесением защитных покрытий. Ранее распространенные в подготовительных цехах камеры для обдувки деталей сухим песком в связи с большой профессиональной вредностью их (заболевание работающих силикозом) запрещены правительственным постановлением. Вновь созданные установки основаны на гидроабразивной или гидропескоструйной обработке деталей.

При обработке крупных деталей и деталей среднего размера гидроабразивная пульпа, т. е. взмученная смесь воды с песком или абразивом под давлением 4—6 атм, направляется на поверхность изделий. Обработка мелких деталей производится во вращающихся барабанах, гидроабразивная пульпа в этом случае подается на перемещающиеся детали через пустотелую перфорированную ось барабана. На фиг. 8 показано схематическое устройство гидропескоструйной установки.

Оборудование для очистки поверхности от загрязнений. Удаление с поверхности деталей жировых загрязнений (полировальных паст, смазочных материалов и др.) выполняется при помощи органических растворителей в стальных ваннах или же в специальных установках. На фиг. 9 схематично показано устройство моечной машины, в которой

Воздух 4-6 ат



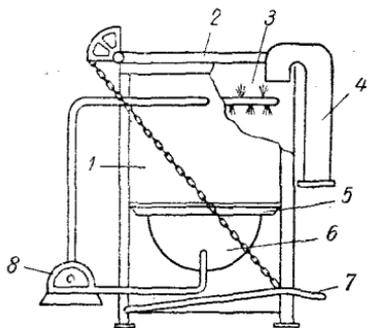
Фиг. 8. Схема гидропескоструйной установки:

1 — смесительный бак; 2 — струйный аппарат; 3 — двигатель; 4 — мешалка; 5 — суспензия воды с песком.

обезжиривание происходит под действием тонких струй растворителя, интенсивно орошающих поверхность деталей, помещенных в камеру.

Сравнительно тщательное обезжиривание деталей достигается путем обработки их в парах растворителя. Для этой цели используется двухкамерный автоматический аппарат многократного действия, изображенный на фиг. 10.

Загрузка корзинок с деталями производится через лючки в верхнем сборнике, который соединен с атмосферой посредством обратного холодильника и с нижним сборником посредством патрубков 3 и 4.

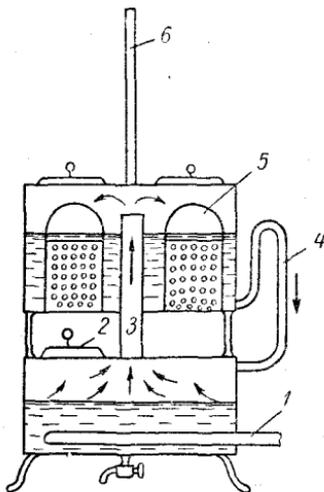


Фиг. 9. Моечная машина:

1 — камера; 2 — крышка; 3 — душ;
4 — бортовая вентиляция; 5 — фильтр;
6 — резервуар; 7 — педаль; 8 — насос.

Растворитель, находящийся в нижнем сборнике, подогревают до кипения посредством парового змеевика 1. После наполнения верхнего сборника сжиженный растворитель автоматически переливается в нижний сборник. Полное и многократное обезжиривание деталей в нем достигается даже при наличии загрязненного растворителя.

Высокое качество очистки достигается применением ультразвуковых колебаний с большой частотой (свыше 10 000 колебаний в секунду). Ультразвуковое поле создается в жидкости (растворителе) путем установки в ванне так называемых вибраторов, питаемых током от высокочастотных генераторов. Наибольшее распространение в промышленности получили вибраторы магнитострикционного типа с частотой колебаний 20—25 кгц. Ультразвуковое поле вызывает интенсивное перемешивание жидкости, что обеспечивает возможность удаления загрязнений из таких труднодоступных мест, как малые отверстия, шлицы, тонкие каналы и т. п.



Фиг. 10. Схема автоматического аппарата для многократного обезжиривания растворителями:

1 — глухой паровой змеевик;
2 — люк для заливки растворителя;
3 — патрубок для паров растворителя; 4 — сливной патрубок; 5 — корзины с деталями; 6 — обратный холодильник.

2. Оборудование гальванического цеха

Ванны стационарного типа. Основным оборудованием гальванического цеха являются ванны. Корпус ванны обычно изготавливается из листовой стали. Внутренние стенки ее имеют защитную облицовку (футеровку), материал которой определяется характером растворов, заполняющих ванну. Наряду с этим применение получили также ванны, изготовленные из керамики и графолита.

В табл. 24 указаны материалы для внутренней облицовки ванн, корпус которых, как правило, изготавливается из стали.

Таблица 24

Материалы, рекомендуемые для внутренней облицовки (футеровки) ванн

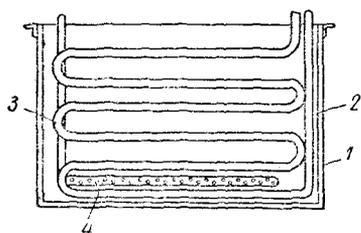
Процесс или операция	Материал ванны или футеровки
Обезжиривание в растворителях	Без облицовки; сталь
Промывка в холодной воде	Винипласт
Промывка в горячей воде	Без облицовки; сталь
Обезжиривание химическое и электрохимическое; фосфатирование, воронение, щелочное лужение	Без облицовки; сталь
Цианистое цинкование, кадмирование, меднение	Винипласт *
Никелирование, кислое меднение, свищевание, лужение, цинкование, декапирование, осветление, пассивирование, анодирование, серебряние	Винипласт, резина, полиэтилен, эмаль
Хромирование	Свинец, армированное стекло, винипласт
Травление в кислотах	Эбонит, керамика, винипласт
Химическое никелирование	Эмаль

* Допускается применение ванн без футеровки.

Наиболее характерные конструкции гальванических ванн представлены на фиг. 11 и 12.

Более простой тип гальванических ванн (фиг. 11) имеет стальной корпус с облицовкой из винипласта или корпус, сваренный непосредственно из листового винипласта толщиной 8—10 мм. Ванны могут быть оборудованы механизмом для встряхивания катодных штанг воздушными

барботерами и нагревателями. Подобного типа ванны служат для никелирования, меднения, цинкования и др. Для удобства работы такие ванны делают кольцевыми и оборудованными механизмами для перемещения катодной штанги по кругу в горизонтальной плоскости. Загрузка такой



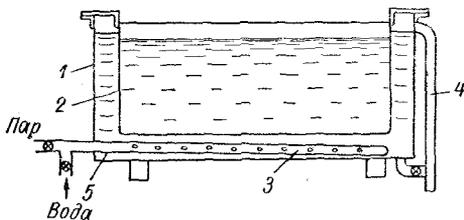
Фиг. 11. Схема гальванической ванны без паровой рубашки:

1 — корпус; 2 — футеровка; 3 — змеевик; 4 — барботер.

ванны деталями и разгрузка ее производится с одного места. Благодаря непрерывному движению катодной штанги толщина покрытия на деталях более однородна, чем в обычных стационарных ваннах. Кольцевые ванны обеспечивают возможность применения более высоких плотностей тока вследствие перемешивания электролита движущимися деталями.

Второй тип конструкции гальванических ванн (фиг. 12) снабжен водяной рубашкой для нагрева или соответственно охлаждения электролита. Нагрев электролита осуществляется острым паром, поступающим через барботер (трубу с отверстиями)

в воду, находящуюся между стенами ванны и рубашки. Охлаждение электролита осуществляется проточной водой, подаваемой в зарубашечное пространство, часто через тот же барботер. Примером ванны такого типа является ванна хромирования. Внутренняя облицовка ее свинцовая, но может быть заменена листами армированного стекла, установленными вдоль стенок ванны и на дне ее. Листы стекла электрически изолируют стальные стенки ванны от утечек тока на корпус, в результате чего не происходит электрохимического растворения стали. Химическое же воздействие электролита на сталь вследствие проникновения раствора только в местах стыка листов не вызывает разрушений.



Фиг. 12. Схема гальванической ванны с пароводяной рубашкой:

1 — стальная рубашка; 2 — внутренний корпус ванны; 3 — вода; 4 — устройство для слива воды; 5 — труба для подвода пара или холодной воды.

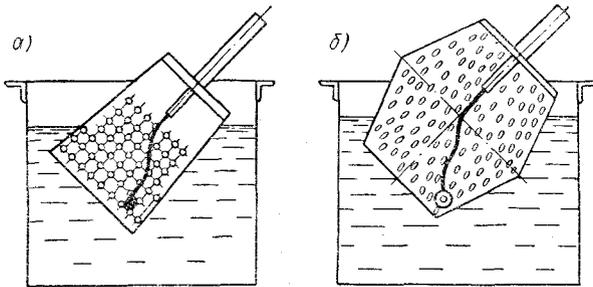
В некоторых случаях с успехом могут быть использованы обе конструкции ванн. Например, при анодном оксидировании алюминия ванны для охлаждения электролита оборудуются рубашкой или стальным оцинкованным змеевиком. При обычном анодировании по трубам подается проточная холодная вода, при глубоком анодировании хладоносителем служит фреон, поступающий от холодильных фреоновых установок.

Ванны колокольного и барабанного типа. Покрытие мелких деталей целесообразно производить во вращающихся ваннах колокольного или

барабанного типа. Покрытие деталей в барабанах более производительно, чем в колокольных ваннах, кроме того, ванны колокольного типа обладают следующими недостатками:

- 1) малой емкостью электролита относительно поверхности покрываемых деталей;
- 2) быстрым нагреванием электролита;
- 3) большими потерями электролита при разгрузке ванны.

Ввиду этого колокольные ванны постепенно заменяются колокольными барабанами различной емкости. Устройство колокольного барабана показано на схеме фиг. 13, а.



Фиг. 13. Колокольные барабаны.

Форма колокола оказывает значительное влияние на равномерность распределения покрытия на деталях. Более однородные покрытия получаются в колоколе, имеющем форму двух спаренных усеченных конусов (фиг. 13, б).

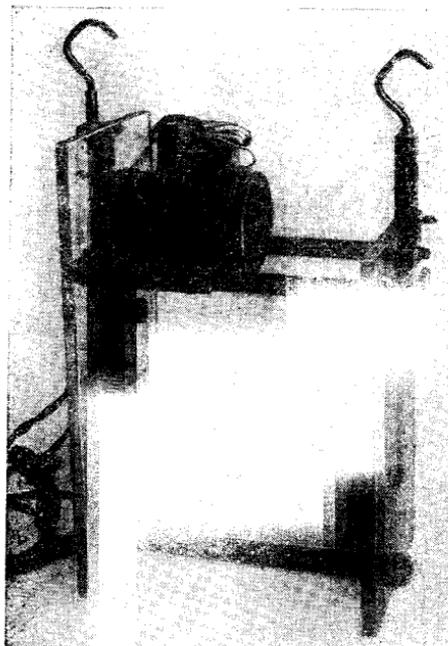
Для покрытия небольших партий деталей удобны переносные барабаны, которые можно загружать в обычную стационарную ванну подобно подвескам. На фиг. 14 представлен переносный барабан, вращение которого осуществляется электромотором мощностью 25 *вт* при помощи зубчатых колес.

3. Полуавтоматы и автоматы

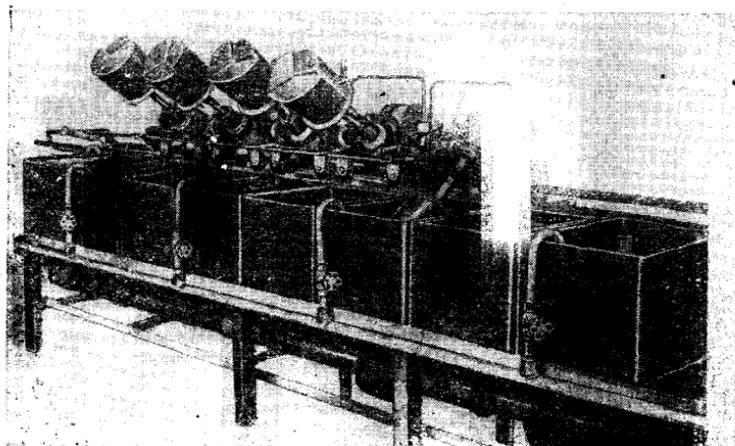
Полуавтоматы для гальванических покрытий представляют собой установки, в которых выполняется одна или несколько операций технологического процесса. Примером может служить колокольный полуавтомат для покрытия мелких деталей АГ-3 (фиг. 15).

Полуавтомат АГ-3 представляет собой агрегат из 5 колоколов, каждый из которых вместе с приводом перемещается вручную по направляющим вдоль ряда ванн. Весь комплект состоит из ванн для нанесения того или иного гальванического покрытия, которые чередуются с ваннами для промывки. При этом в основных ваннах одновременно могут применяться электролиты различного назначения.

Автоматы для гальванических покрытий представляют собой установки, в которых выполняются все операции гальванического процесса, начиная от обезжиривания и кончая сушкой.

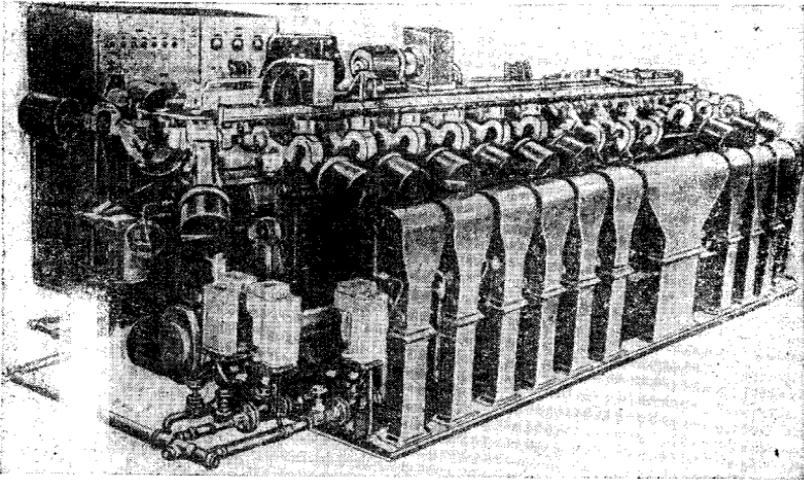


Фиг. 14. Переносный барабан.



Фиг. 15. Колокольный полуавтомат АГ-3.

Перемещение подвесок с деталями производится в соответствии с заданным ритмом (циклом) движения. Необходимая продолжительность нанесения покрытия обеспечивается длиной ванны. Время, отведенное для таких операций как промывка и декапирование, равно периоду одного цикла. Подъем подвесок с деталями и транспортировка их из одной ванны в другую осуществляется соответствующими механическими устройствами.



Фиг. 16. Колокольный автомат АГ-2.

Автомат колокольного типа (АГ-2), изображенный на фиг. 16, применяется на заводах для различного вида покрытий мелких деталей: серебрения, цинкования и др.

Колокола автомата в количестве 28 штук перемещаются над ваннами конвейерной цепью; подъем колокола из одной ванны и опускание его в другую осуществляется при помощи специального механизма. В момент нахождения колоколов в нижнем, рабочем, положении они приводятся во вращение от червячной передачи.

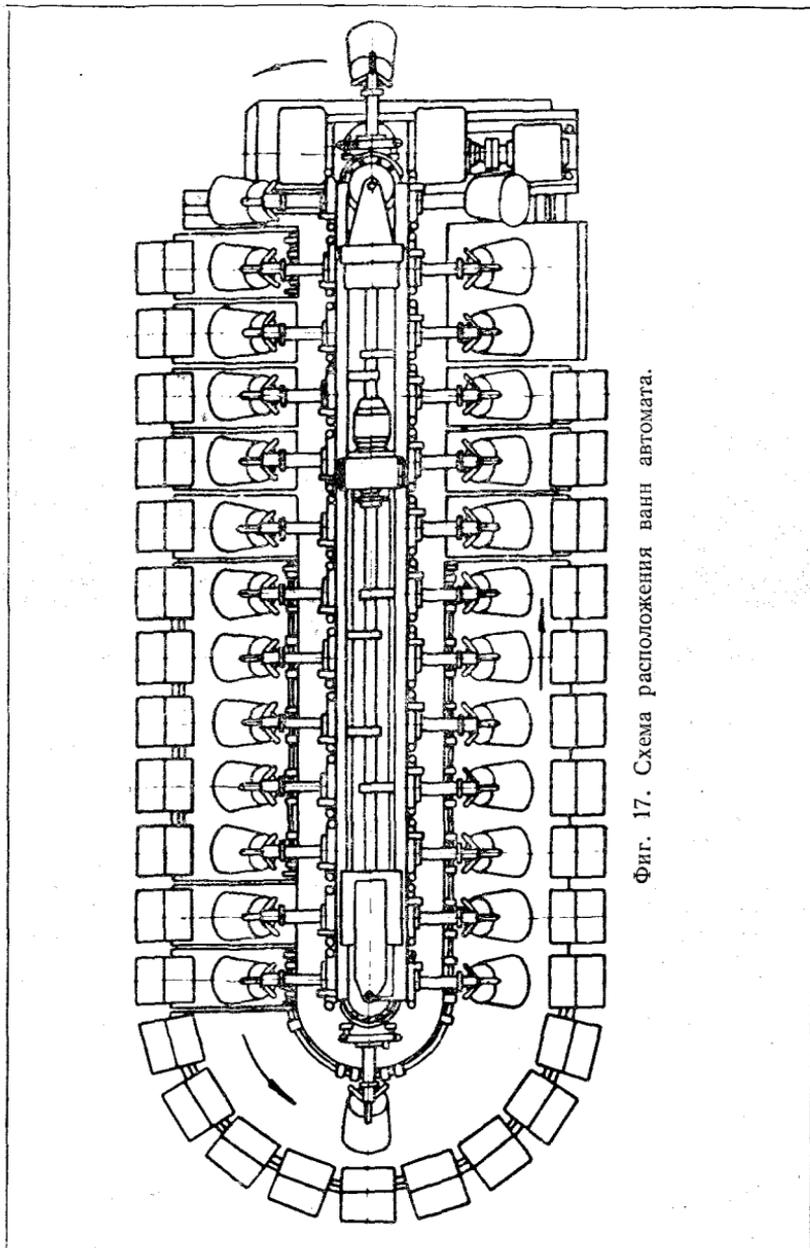
Основные характеристики автомата:

Производительность	450 $\text{дм}^2/\text{час}$
Размер ванн одиночного цикла	290 × 550 × 600 мм

Схема расположения ванн автомата представлена на фиг. 17.

Аналогичная конструкция применяется также для автомата с подвесными приспособлениями, например автомата для анодирования, в котором колокола заменены подвесными приспособлениями в виде перфорированных алюминиевых ведер, надежно закрепляемых в специальных захватах.

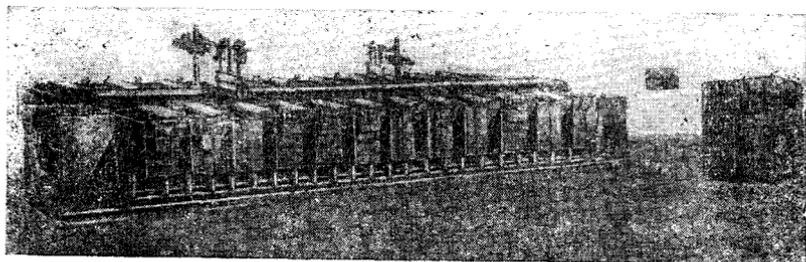
Автоматы с программным управлением. Ранее приведенные конструкции автоматов имеют так называемый жесткий цикл движения подвесок



Фиг. 17. Схема расположения ванн автомата.

или колоколов, поэтому автоматы рассчитываются на определенный технологический процесс, предусматривающий постоянную толщину покрытия. При необходимости изменения вида покрытия или его толщины приходится вносить значительные изменения в конструкцию агрегатов.

В условиях мелкосерийного производства с большим разнообразием видов покрытий автоматы жесткого типа нерентабельны. В этом случае весьма эффективны автоматы нового типа — автоматы с программным управлением, в которых движением автооператора, переносящего штангу с подвесками из ванны в ванну, управляет командоаппарат. Примером таких автоматов может служить установка для оксидирования стальных деталей ТОА-1.



Фиг. 18. Многопроцессный гальванический автомат АГ-16ПУ.

На ряде ленинградских заводов установлены многопроцессные гальванические автоматы с программным управлением АГ-16ПУ. В этих агрегатах в зависимости от потребностей производства выполняются различные гальванические процессы.

На фиг. 18 представлен универсальный гальванический автомат с программным управлением АГ-16ПУ, состоящий из 24 ванн, расположенных в двух рядах. Командоаппарат автомата имеет устройство, напоминающее коммутатор автоматической телефонной станции. Продолжительность процессов осаждения покрытий, обезжиривания и сушки устанавливается с помощью реле времени и по желанию может изменяться в широких пределах.

Рабочие, обслуживающие автоматы, выполняют монтаж подвесок на штангу и, нажимая кнопку соответствующего процесса, вводят в действие автооператоры. Последние по заданной программе перегружают штангу с подвесками или вращающийся барабан в ванны, где выполняются основные и вспомогательные операции.

Конструкция автомата допускает разнообразные компоновки ванн и различное количество их в агрегате, а также одновременную обработку деталей как в барабанах, так и на подвесках. Для автоматического регулирования режимов гальванических процессов применяются следующие приборы и аппараты.

1. Приборы для реверсирования тока на ваннах, рассчитанные на силу тока 200 и 500 а, — АРТ-200 и РГ-250/500.

2. Приборы для автоматического регулирования величины рН электролитов, в комплект которых входят: электрод сравнения, регистрирующие рН-метры, исполнительный механизм для подачи кислоты или щелочи в ванну.

3. Приборы для автоматического регулирования температуры электролитов.

4. Приборы для автоматического регулирования плотности тока:

а) АПТ-200, СПЭ-1, ПУРП-1 — стабилизируют плотность тока по электроду-датчику;

б) СПН-1 и УРПГ-1 — стабилизируют плотность тока по клеммовому напряжению на ваннах соответственно на 200 и 600 а.

4. Подвесные приспособления

Загрузка деталей в ванны и подвод к деталям тока осуществляется с помощью различного рода подвесных приспособлений.

Простейшим подвесным приспособлением является медная или латунная проволока диаметром 0,25—0,8 мм, с помощью которой детали навязываются гирляндами и крепятся на контактном крюке или непосредственно на штанге ванны.

При покрытии больших партий деталей крепление их при помощи проволоки трудоемко, а расход проволоки чрезвычайно велик. Конструкции различных подвесных приспособлений определяются формой деталей и должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивать получение равномерного по толщине покрытия;
- 2) не допускать экранирования отдельных участков поверхности деталей;
- 3) хорошо проводить электрический ток;
- 4) обеспечить хороший контакт с деталями и штангой ванны;
- 5) обеспечивать прочное закрепление деталей;
- 6) быть простыми в изготовлении.

Подвесные приспособления рамочного или елочного типа обычно изготавливают из стали или латуни; контакты-держатели, на которые крепятся детали, изготавливают из стальной проволоки. Контакты-держатели рекомендуется делать съёмными, а все токонесущие части подвесок изолировать специальными защитными материалами от осаждения на них покрытия. Длина подвесных приспособлений должна быть такой, чтобы самая нижняя деталь, укрепленная на них, не доходила до дна ванны на 150—180 мм, а верхняя деталь была ниже зеркала раствора на 50—80 мм.

Подвесные приспособления для хромирования деталей должны иметь достаточное сечение, обеспечивающее прохождение тока большой силы тоже относится к контактам-держателям, которые должны обеспечить надежный контакт с деталями и штангой ванны без значительного разогревания.

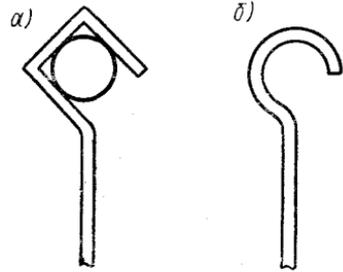
Подвесные приспособления для анодирования имеют некоторые особенности:

- а) материалом подвески служит дюралюминий;
- б) жесткость контакта между деталью и подвеской создается резьбовым соединением или каким-либо другим принудительным прижимом.

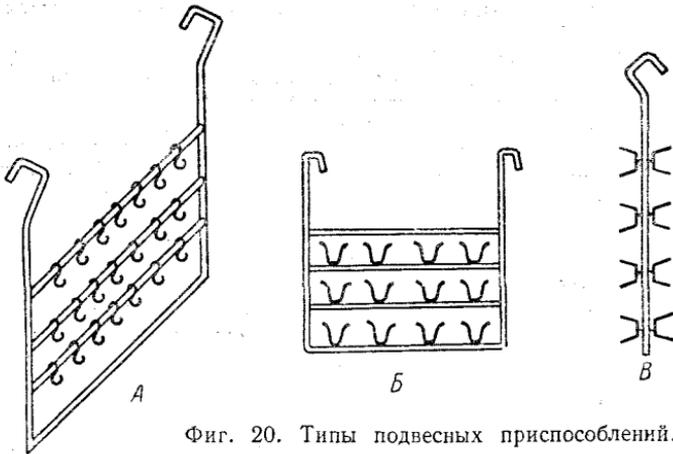
Контактные крюки подвесок должны иметь форму, обеспечивающую большую поверхность соприкосновения со штангой ванны. На фиг. 19 показана правильная и неправильная форма крюка для круглой штанги.

В зависимости от условий производства подвесные приспособления разделяют на групповые и индивидуальные. Индивидуальные приспособления предназначаются для покрытия одних и тех же деталей и поэтому конструкция их учитывает все особенности технологии нанесения покрытия на данные детали. Групповые приспособления рассчитаны на обработку группы деталей, объединенных общими признаками. Например, для штампованных мелких деталей, имеющих отверстия, пригодны приспособления типа А (фиг. 20). Для деталей в виде колпачков — приспособления типа В, для втулок — типа В.

Изоляция подвесок. Все токонесущие части подвесных приспособлений постепенно обрастают металлом, на что непроизводительно расходуются ценные металлы (никель, хром, медь и т. д.) и электроэнергия. Обросшие металлом приспособления часто выходят из употребления. С целью сохранения подвесных приспособлений токонесущие части их, кроме контактов, изолируют каким-либо стойким электроизоляционным материалом. Наиболее распространенные из них приведены ниже.



Фиг. 19. Форма крюков для подвесок: а — правильно; б — неправильно.



Фиг. 20. Типы подвесных приспособлений.

Лаки. Поверхность подвесных приспособлений с помощью кисти или краскораспылителя покрывается несколькими слоями химически стойких лаков и эмалей на основе перхлорвиниловой смолы ПХВ-1 (ТУ МХП 2701—51), ХСЭ-26 (ГОСТ 7313—55), ХВЛ-21 (ТУ 2497—51), а также эпоксидной эмали Э-4173. Эти материалы обладают высокой стойкостью по отношению к кислым и слабощелочным растворам.

Игелит. К порошкообразному игелиту прибавляют дибутилфталат до сметанообразного состояния. Приспособления обмазывают этим составом и вначале просушивают в естественных условиях, а затем в сушилках при температуре 120—150° С. Игелитовая изоляция отличается большей прочностью, чем лаковая, и может применяться для приспособлений, которые предназначены как для кислых, так и щелочных растворов.

Хлорвиниловая лента. Хлорвиниловая лента толщиной 0,3—1,0 мм, спиралеобразно наматывается на основные токонесущие части подвески. Зазоры между слоями ленты заполняются перхлорвиниловым лаком.

Кроме перечисленных выше способов, изоляцию приспособлений можно осуществить напылением пластмассы (в частности, напылением полиэтилена), путем нанесения слоя суспензии фторопласта с последующей термообработкой его (30 мин. при 90° С, а затем 1 час при 360° С), напылением резиновых, стеклянных или хлорвиниловых трубок на основные стержни подвесок и др.

В качестве изоляционного материала иногда применяют также бакелитизованную фанеру, полосками которой закрывают основной стержень подвески. Наряду с этим в конструкции подвесных приспособлений с изоляцией токонесущих частей должна быть предусмотрена возможность легкой замены контактов-держателей в случае их обрастания металлом.

5. Источники постоянного тока

Источниками питания гальванических ванн постоянным током обычно являются генераторы постоянного тока и выпрямители переменного. В табл. 25 приведены основные характеристики источников постоянного тока.

Таблица 25

Источники постоянного тока

Наименование	Характеристика		Габариты
	напряжение в в	сила тока в а	
Генераторы постоянного тока:			
АНД 500/250	6/12	500/250	1268×507×524
АНД 1000/500	6/12	1000/500	1498×602×666
АНД 1500/750	6/12	1500/750	1574×634×724
АНД 5000/2500	6/12	5000/2500	2380×1180×930
Выпрямители селеновые:			
ВСГ—3М	4,5—6	200	560×450×1050
ВСГ—3А	3,5—4,5—6	200	560×320×500
Выпрямители купроксные:			
ВКГ—100М	9—12	600	600×750×1100
Выпрямители германиевые:			
ВАГГ—101М	6	600	600×750×1100
ВАГГ—9/12—600	9—12	600	700×750×1500
ВАГЗ—6/12—6000	4,5—6—9—12	6000—3000	—

Благодаря удобству работы с выпрямителями в настоящее время они имеют большее распространение, чем генераторы. Наиболее важные преимущества выпрямителей состоят в следующем.

1. Выпрямители можно устанавливать непосредственно около ванны и этим исключить необходимость прокладки шин.

2. Индивидуальное питание ванны отдельным выпрямителем при использовании автотрансформатора позволяет осуществить плавное регулирование тока в процессе покрытия.

3. Регулирование тока посредством изменения напряжения переменного тока более экономично, так как при этом отсутствуют потери мощности на нагрев реостатов.

4. Обслуживание выпрямителей значительно проще, чем обслуживание генераторов постоянного тока.

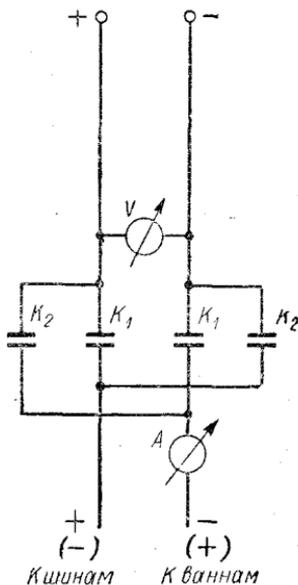
5. Индивидуальное питание ванны позволяет использовать приборы для автоматического регулирования плотности тока.

Основным недостатком выпрямителей является их небольшая устойчивость при работе в агрессивных условиях гальванических цехов (высокая влажность при наличии паров кислот и щелочей).

6. Установки автоматического реверсирования тока

Установки автоматического реверсирования тока предназначены для изменения направления постоянного тока в гальванических ваннах. Процессы покрытий с использованием реверсированного тока заключаются в том, что детали на определенные промежутки времени попеременно подключаются то к отрицательному, то к положительному полюсу источника тока. Наиболее часто применяется такое переключение полюсов ванны, при котором длительность протекания тока в прямом направлении в 10 раз превышает продолжительность включения обратного тока. Например, продолжительность катодного периода — 10 сек., анодного — 1 сек.

Промышленностью выпускаются установки автоматического реверсирования тока силой до 200 а — АРТ = 200. Схема включения такой установки представлена на фиг. 21. Более мощные установки рассчитаны на силу тока 500 а (РГ—250/500).



Фиг. 21. Схема включения установки для реверсирования тока:

K_1, K_2 — контакторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахвалов Г. Т., Биркган Л. Н., Лабутин В. П., Справочник гальваностега, ГНТИ черной и цветной металлургии, 1954.
2. Вайнер Я. В., Оборудование гальванических цехов, Библиотека гальванотехника, вып. 11, Машгиз, 1961.

ГЛАВА IV

ПОДГОТОВКА К ПОКРЫТИЮ

1. Значение подготовки поверхности деталей для качества покрытия

Основными операциями, определяющими качество гальванических покрытий, являются операции, связанные с подготовкой поверхности деталей к покрытию. Установлено, что до 70% всего брака покрытий так или иначе связано с плохим качеством подготовки деталей. Поэтому высокое качество покрытий возможно только при условии точного выполнения операций подготовки и соблюдении следующих общих требований.

1. Покрытие всегда является последней, заключительной операцией технологического процесса изготовления детали. Поэтому операции сварки, термической и механической обработки должны быть выполнены ранее, а поверхность детали, подготовленная к покрытию, должна иметь чистоту обработки по ГОСТ 2789—59, предусмотренную чертежом.

2. С покрываемых поверхностей должны быть удалены заусенцы, раковины, окалина, слой ранее нанесенных покрытий и неметаллические включения. Недопустимо также наличие вмятин, забоин, повреждений резьбы и прочих дефектов, исправление которых после покрытия нарушает его целостность и гладкость.

3. Непокрываемые участки, если они имеются, должны быть надежно защищены химически стойкими материалами.

4. Детали должны быть завешены на подвесках так, чтобы условия полноты и равномерности их покрытия были наилучшими.

5. Поверхность покрываемых деталей должна быть тщательно обезжирена, а затем промыта в чистой проточной воде.

6. Окислы, всегда имеющиеся на поверхности деталей, должны быть удалены путем травления или декапирования. Наличие окислов сильно снижает прочность сцепления покрытия с металлом деталей. После травления детали следует тщательно промыть в холодной проточной воде.

7. После травления и промывки детали должны немедленно загружены в ванны для гальванического покрытия.

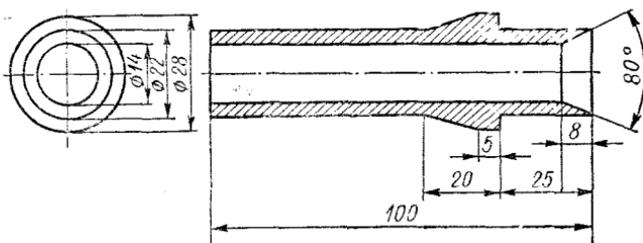
Как видно из перечисленных требований, подготовка поверхности к покрытию осуществляется, как правило, в два этапа, сначала посредством механической обработки и очистки, а затем окончательно с целью удаления поверхностных загрязнений — химическим или электрохимическим путем. Лишь в особых случаях указанная последовательность нарушается, например, литые и штампованные изделия часто покрывают без механической обработки, ограничиваясь обезжириванием и травлением поверхности. Детали после очистки металлическим песком или после

гидропескоструйной, наоборот, не требуют обезжиривания и травления, если покрытие их производится немедленно после обработки.

Во всех случаях выбор процесса подготовки зависит от назначения покрытия и от требований к чистоте отделки по ГОСТ 2789—59.

2. Гидропескоструйная и дробеструйная очистка

Гидропескоструйная очистка, очистка влажным песком, струйная очистка наждачным порошком и карборундом различной зернистости, очистка стальной дробью, металлическим песком и рубленой проволокой являются отличными способами подготовки деталей для всех видов покрытия, не требующих полирования поверхности.



Фиг. 22. Форма сопла к аппарату для гидропескоструйной очистки.

Установка для гидропескоструйной очистки весьма проста по конструкции и состоит из стального бака, снабженного мешалкой или центробежным насосом и наполненного песком, смешанным с водой в соотношении 1 : 2. Требуемый напор подаваемой смеси осуществляется сжатым воздухом. Камера для гидропескоструйной очистки имеет решетчатый стол для укладки деталей и расположенный под ним сборник с насосом для подачи смеси песка и воды снова в бак (см. фиг. 8).

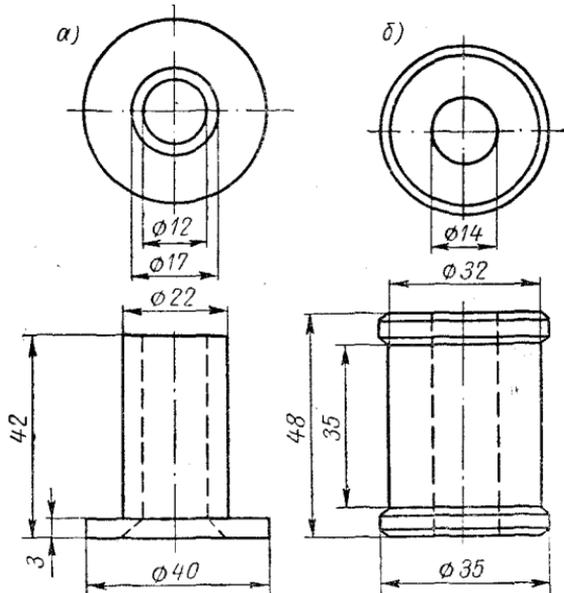
Характерной особенностью гидропескоструйной очистки является высокая гладкость получаемой поверхности, достигающая до 8—10-го класса по ГОСТ 2789—59. При этом производительность камер гидропескоструйной очистки существенно ниже, чем при сухой пескоструйной очистке и не превышает 2—3 м²/час. Для предохранения очищаемых деталей от коррозии применяют один из двух путей: 1) в смесь воды с песком вводится добавка 2—3% нитрата натрия или хромпика; 2) очищенные детали промывают в специальной ванне с указанными растворами.

Сопла для гидропескоструйной очистки обычно изготавливают из стали 45 с последующей закалкой. Наиболее употребляемая форма сопла указана на фиг. 22. Продолжительность службы одного сопла при рабочем давлении воздуха 5—6 ат достигает 40 час. При таком же давлении используется пескоструйный аппарат для очистки влажным песком.

Отличные результаты дает струйная очистка наждачным порошком и карборундом различной зернистости, позволяющая использовать существующие пескоструйные аппараты и камеры без переделки. Благодаря высокой износостойкости, наличию острых граней и отсутствию профессиональной вредности струйная очистка абразивными зернистыми

материалами, несмотря на высокую стоимость порошков, может быть полноценным заменителем пескоструйной очистки в ручных аппаратах закрытого типа и других камерах с возвратом абразива.

Производительность очистки мелких деталей при помощи ручной пескоструйной камеры с неподвижным соплом (см. фиг. 23, а) составляет 3—4 м²/час при давлении 3—5 ат. Чистота обработки зависит от вели-



Фиг. 23. Форма сопла к аппарату струйной очистки: а—сухими абразивами; б—металлической дробью.

чины зерен и может достигать 8-го класса. Срок эксплуатации сопла из каленой стали 45 составляет примерно 30—35 час.

Наиболее широкое применение получила дробеструйная очистка стальной дробью. Дробь для технической очистки деталей диаметром от 0,3 до 1,5 мм и так называемая буровая дробь размером от 2 до 5 мм поставляется Старо-Оскольским механическим заводом. Производительность труда при дробеструйной очистке наиболее высока. При обработке стальных штампованных и листовых катаных изделий скорость очистки мелких деталей составляет 5—8 м²/час, а скорость очистки крупных деталей площадью 10—12 м² и более в пределах от 12 до 20 м²/час. При обработке деталей, имеющих элементы с точными размерами и резьбой и требующих защиты, производительность снижается до 50% от указанных величин. Мелкое чугунное и стальное литье обрабатывается со скоростью лишь 6—8 м²/час, в то время как скорость очистки крупных деталей, площадью от 10 м² и более, достигает 15—25 м²/час. Эксплуатация дробеструйного аппарата осуществляется при рабочем давлении сжатого

воздуха в 6—8 ат. Сопло его, изготовленное из стали 45 и изображенное на фиг. 23, б, изнашивается в течение одной смены. Чистота обработки не превышает класса $\nabla 4$.

При размалывании стальной или чугунной дроби на шаровых мельницах получается металлический песок с острыми гранями, обладающий более высокими абразивными свойствами, чем дробь. Производственный выпуск металлического песка пока отсутствует.

Хорошие результаты дает также струйная очистка рубленой стальной проволокой и соотношением длины отрезков к диаметру, равному 1. Острые грани отрезков сохраняют хорошую очистительную способность на длительное время. Приготовление рубленой проволоки для струйной очистки осуществляется местными средствами.

3. Галтовка

Галтовка является наиболее экономичным способом очистки мелких деталей и заключается в медленном перекачивании деталей, загруженных совместно с песком во вращающихся барабанах.

Галтовочные барабаны для обработки мелких деталей обычно имеют шестигранное сечение и снабжены в одной из стенок плотно закрывающейся крышкой. Корпус барабана изготавливается из листовой стали или несмолистых пород дерева. Для улучшения перемешивания на внутренних стенках барабанов рекомендуется прикреплять продольные полосы углового железа. Для этой же цели оси барабана часто закрепляют эксцентрично, вследствие чего при вращении создается дополнительное боковое покачивание.

Размеры барабанов колеблются в пределах 600—1000 мм по длине и 300—700 мм по сечению. Скорость вращения барабана для крупных деталей составляет 10—15 об/мин., а для мелких может достигать 40—60 об/мин.

Галтовочную установку обычно располагают в отдельном помещении для устранения шума.

Для сухой очистки деталей вполне допустимо применение высушенного речного песка, так как плотно закрытые крышки не пропускают пыли. Другие абразивные материалы (металлическая дробь, наждачный порошок и др.) также возможно использовать для этих целей. Загрузка барабана деталями и песком не должна превышать одной трети объема барабана.

Продолжительность очистки зависит от материала деталей и их конфигурации, от состояния их поверхности и от ряда других причин и поэтому колеблется в широких пределах от 2—3 до 40—50 час.

Часто очистку песком объединяют с обезжириванием или протравливанием, что позволяет весьма доброкачественно подготовить детали к покрытию. При очистке с обезжириванием к смеси деталей с песком приливают 2—3-процентный раствор каустической соды или тринатрий-фосфата. При объединении очистки песком с травлением деталей вводят добавку 2—3-процентного раствора серной кислоты.

4. Шлифование, полирование, крацевание

Чем глаже и однороднее покрываемая поверхность детали, тем глаже, беспористой и устойчивей в отношении защиты от коррозии становится защитный слой покрытия. Поэтому шлифование и полирование, кроме

отделки поверхности, имеют своим назначением также и повышение защитной способности покрытий.

Отделку поверхности производят последовательно, начиная с грубого шлифования, а затем постепенное переходят к тонкому шлифованию и полированию. Обычно при шлифовании последовательно применяют наждачные порошки № 40, 80, 120, 150, 180 и 220, причем последних три номера используются с просаливанием специальными пастами.

Окружная скорость кругов или ленты зависит от свойств обрабатываемого металла и составляет для черных металлов и никеля 30 м/сек, для меди и ее сплавов 25 м/сек, для алюминия, цинка и олова 20 м/сек.

Наклейку наждачных порошков на войлочный круг производят столярным клеем или жидким стеклом, путем прокатывания предварительно нагретого до 50—60° С круга по слою абразивного порошка. Полировальные круги изготовляют из фетра, войлока, бязи, сукна и других материалов. В полировальных пастах абразивным материалом являются: тонкий наждачный порошок (минутник), венская известь, крокус и окись хрома. Наиболее целесообразно полирование фетровыми кругами с пастой на основе окиси хрома.

5. Полирование мелких деталей

Массовое полирование мелких деталей известно в промышленности под названием подводного полирования и заключается в обкатывании деталей совместно с кусками абразива и стальными шариками в мыльном растворе. При этом с поверхности деталей удаляются заусенцы, закругляются острые кромки, зачищаются следы режущего инструмента и поверхность изменяет чистоту обработки с 5—6-го класса до 10—11-го по ГОСТ 2789—59. Такое повышение чистоты отделки обычно производят в два этапа. Первый период обработки заключается в так называемом подводном шлифовании, в процессе которого чистота поверхности возрастает от 5—6-го до 7—8-го классов. Для этого в качестве абразива применяют бой шлифовальных электрокорундовых кругов. В зависимости от размеров и формы деталей выбирается и величина корундового боя. Так, для деталей с весом в несколько сот граммов величина кусков колеблется в пределах 20—30 мм, для среднего веса деталей куски имеют размеры 10—20 мм и для мелких деталей — 5—10 мм. Куски боя предварительно обкатывают до гладкости речной гальки в течение 30—60 час.

Для повышения чистоты отделки поверхности с 7—8-го класса до 10—11-го, т. е. на втором этапе обработки, применяют обкатанный фарфоровый бой указанных выше размеров. В этом случае процесс называется подводным полированием. Корундового или фарфорового боя берется по объему в 3—5 раз больше, чем деталей. При полировании, кроме абразивов, в барабан загружают стальные шарики диаметром от 4 до 10 мм, в зависимости от конфигурации деталей.

Для хорошей обкатки поверхности деталей с глубоким рельефом в барабан одновременно с абразивами загружают шарики различных размеров, объем которых от 2 до 10 раз больше, чем объем деталей. В каждом случае соотношение объемов абразива, шариков и деталей подбирается опытным путем. Для составления мыльного раствора применяют хорошие сорта хозяйственного мыла, вводя его в количестве 0,1—0,2% по весу при шлифовании и 0,2—0,5% при полировании. Вода в ванне подогревается до 30—35° С, не более. Уровень мыльного раствора в среднем должен быть

на 25 мм выше уровня загрузки барабана. Правильно приготовленный мыльный раствор дает густую пену из мелких пузырьков, выступающую на 150—200 мм над уровнем ванны. Для процесса используют шестигранные сварные барабаны. Загрузка барабанов смесью абразива, шариков и деталей зависит от назначения процесса. Так, для подводного шлифования общая загрузка барабана составляет 50—60% объема, а для полирования 60—65%.

Для глянцевого полирования крупных деталей барабан заполняют на 90%, а для быстрого снятия заусенцев заполнение барабана не превышает 50—55%, с одновременным уменьшением уровня мыльного раствора ниже уровня деталей. Скорость вращения барабана подбирается такой, чтобы смесь в нем незначительно перемещалась вверх, плавно сползая вниз, но не падая. Для барабанов с поперечником 400 мм и длиной 600 мм наиболее целесообразна скорость вращения 40—45 об/мин., что отвечает окружной скорости 55—60 м/мин. Продолжительность шлифования или полирования зависит от состояния поверхности и от требований к чистоте отделки и обычно составляет несколько часов. Мыльный раствор через каждые 24 часа непрерывной работы необходимо сменить.

Процесс подводного полирования можно ускорить, если стальные детали предварительно подвергать гальваноабразивной обработке. Для этого в барабан с 10-процентным раствором однозамещенного кислого фосфорнокислого натрия (NaH_2PO_4) вместе со стальными деталями загружается медная дробь диаметром 1—3 мм и шлифовальный порошок марки ЭБ220. На 1 дм³ деталей загружается 4 дм³ медных шариков, 4 дм³ раствора кислого фосфата и 50 г шлифпорошка.

Процесс сглаживания идет с разностью потенциалов в 0,57 в, при начальной температуре 35—45° С, со сменой электролита через каждые 3 часа. Общая продолжительность обработки 9 час. При этом сьем металла достигает в среднем толщины слоя 0,03 мм. Затем следует подводное шлифование с боем фарфора и шлифовальным порошком в 2,5-процентной эмульсии гашеной извести. Процесс шлифования длится 6 час. без подогрева. Сьем металла составляет 1 мк. В заключение производят подводное полирование с боем фарфора в мыльном растворе, при температуре 60—65° С в течение 2 час.

6. Обезжиривание растворителями

Обезжиривание растворителями часто применяется и как самостоятельный вид обработки и как предварительная очистка деталей от избытка смазки и масел перед электрообезжириванием.

Для удаления консервирующего слоя густой смазки, например пушечного сала, технического вазелина или солидола, детали укладывают в проволочную корзинку или завешивают на крюки и погружают на 10—15 мин. в бачок с веретенным маслом подогретым до 80—90° С. Оставшийся на деталях тонкий слой веретенного масла удаляют бензином или другим растворителем.

Для удаления смазочных масел с небольших партий мелких деталей можно пользоваться железным бачком с герметично закрывающейся крышкой. Во время работы крышку открывают и детали моют в бачке волосяными щетками, надевая на руки полихлорвиниловые, или «биологические» перчатки. Растворителем служит керосин или бензин.

При больших партиях мелкие детали распределяются в проволочных корзинах, которые погружают в бачки с растворителем и обезжиривают при частом встряхивании. Еще более целесообразно обезжиривать детали в корзинках, помещая их в бачки, в которые растворитель подается насосом под напором через струйные распределители. Такие бачки снабжены крышками, бортовой вентиляцией и ножным педальным включением. Они характеризуются высокой производительностью и малой профессиональной вредностью (см. фиг. 9).

Удаление плотных пленок густой смазки, остатков полировальных паст и прочих загрязнений производят, погружая корзинки с деталями в ванну с растворителем при одновременном воздействии ультразвука частотой 20—25 кГц. Продолжительность очистки колеблется от 5 до 60 сек. в зависимости от мощности ультразвукового потока и степени загрязненности деталей.

7. Изоляция участков, не подлежащих покрытию

Необходимость предохранения отдельных участков от покрытия часто возникает при хромировании, меднении в целях защиты от цементации, при цинковании, для сохранения точных размеров, при фосфатировании, в случае спайки или сварки и т. д. При этом тщательность предохранения всецело зависит от назначения покрытия.

Например, при изоляции участков, подлежащих в дальнейшем цементации, борированию или азотированию, на изолируемых участках не допускается даже следов меди. Наличие их приводит к окончательному браку деталей. Поэтому изоляция участков должна быть тщательной и герметичной. При отслаивании изоляционного покрытия и попадании следов меди на защищаемые участки поверхности зачистку их производят наждачным полотном или путем анодного растворения в хромовом электролите.

При меднении, в целях местной защиты от цементации, цементируемые участки наиболее целесообразно изолировать герметично пристающим парафиновым сплавом. Сплав содержит 70% парафина и по 10% воска, канифоли и каменноугольного пека и наносится в разогретом состоянии при 80—90° С. Избыток сплава срезают ножом, а загрязненную поверхность металла протирают керосином.

Для защиты участков деталей при хромировании наиболее устойчивым материалом является фторопласт-4 (тефлон), а также полихлорвиниловый пластикат. Вполне стойка также изоляция винипластом, стеклянными и фарфоровыми трубками.

Изоляцию участков поверхности с точными размерами при никелировании, цинковании и прочих видах гальванических покрытий можно производить хомутиками из кровельного железа. Такие хомутики легко монтировать, а толщина слоя покрытия, осажденного под ними, не превышает долей микрона.

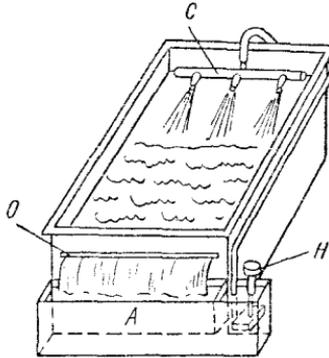
На практике часто допускается наличие тонкого слоя покрытия при условии, что размеры деталей не выходят за пределы допуска на изготовление. Химическое удаление таких следов и тем более их зачистка нецелесообразны.

Предохранение отдельных участков поверхности деталей от фосфатирования надежно осуществляется при помощи резинового клея или перхлорвинилового лака.

8. Химическое обезжиривание

Обезжиривание в горячих щелочных растворах применяют главным образом при обработке больших партий мелких деталей. Для этой цели детали укладывают в железные сетчатые корзины и погружают в горячий щелочный раствор. Состав раствора и режим обезжиривания меняют в зависимости от природы металла, как это указано в табл. 26.

При обезжиривании на поверхность растворов всплывает слой грязной пены, содержащей масла и жировые загрязнения, которые должны непрерывно удаляться через сливной карман. Для этой цели наиболее целесообразно применять автоматическую очистку поверхности раствора, как это указано на фиг. 24. Непрерывный сток раствора из поверхностного слоя осуществляется через узкую горизонтальную щель в торцовом борту ванны, расположенную на уровне зеркала раствора. Отстойник, в который сливается грязный раствор, разделен на две неравные части вертикальной перегородкой, не доходящей до дна. Отстоявшийся раствор при помощи насоса возвращается в ванну с противоположного



Фиг. 24. Конструкция ванны обезжиривания с автоматической очисткой поверхности раствора:

О — щель на уровне раствора; С — разбрызгиватель; Н — насос; А — отстойник.

Таблица 26.

Составы растворов и режимы химического обезжиривания металлов

Компоненты растворов и режимы обезжиривания	Единица измерения	Черные металлы	Медь и ее сплавы	Магний, алюминий и его сплавы (точные размеры)
Сода каустическая	г/л	50—70	10—20	—
Сода кальцинированная	»	—	20—30	50—60
Тринатрийфосфат	»	30—50	50—60	50—60
Жидкое стекло	»	5—10	5—10	20—30
Рабочая температура	°С	80—90	80—90	50—60
Выдержка	мин.	20—40	20—30	3—5
Перемешивание сжатым воздухом	—	+	+	+
Встряхивание деталей в корзинах	Число раз	3—5	3—4	2—3

ее торца. Одновременно с этим с поверхности раствора сгоняется загрязненный слой.

Всякого рода движение щелочного раствора относительно поверхности деталей во много раз ускоряет процесс обезжиривания. Поэтому перемешивание раствора, струйная его подача на детали, ультразвуковое колебание раствора всегда полезны и их следует применять как для ускорения процесса, так и для улучшения очистки.

При введении в обезжиривающий щелочной раствор поверхностно-активных веществ, например смачивающих добавок ОП-7 или ОП-10, концентрация щелочей может быть существенно снижена, а сам процесс обезжиривания ускорен. Составы растворов и режимы обезжиривания указаны в табл. 27.

Таблица 27

Составы растворов и режимы химического обезжиривания черных металлов с добавками препарата ОП-7

Компоненты растворов и режимы обезжиривания	Единица измерения	Способ движения раствора		
		перемешивание	струйная подача	ультразвуковые колебания
Тринатрийфосфат	г/л	5—10	15—20	30
Сода кальцинированная . .	»	5—10	5—10	—
Добавка ОП-7	»	3	3	3
Рабочая температура . . .	°С	60—80	80—85	70—80
Давление раствора, создаваемое насосом	ат	—	8—10	—
Частота колебаний	кГц	—	—	15—25
Выдержка	мин.	5—10	3—5	0,5—1

Примечания:
 1. Указанные составы и режимы пригодны также для обезжиривания цветных металлов и сплавов.
 2. Перемешивание в ваннах производится сжатым воздухом или насосом.

9. Электрохимическое обезжиривание

Благодаря скорости процесса и высокому качеству очистки электролитическое обезжиривание является наиболее целесообразным видом обезжиривания всех деталей, кроме мелочи и крепежа, обезжиривание которых осуществляется в корзинах. В отличие от химического обезжиривания в растворах щелочей скорость электрохимического обезжиривания почти не зависит от температуры и концентрации электролита, а опреде-

ляется плотностью тока на катоде и интенсивностью выделения водорода. Наиболее экономичным является электролит следующего состава и режима работы:

Сода каустическая	20—30 г/л
Сода кальцинированная	30—40 »
Тринатрийфосфат	10—20 »
или жидкое стекло	5—10 »
Рабочая температура	60—70 »
Плотность тока	5—10 а/дм ²
Продолжительность процесса	5—6 мин. (из них 4—5 мин. на катоде и 1—2 мин. на аноде)

В качестве электродов завешивают листы никелированного железа. Электрохимическое обезжиривание в случае необходимости можно производить также при комнатной температуре (например, при обезжиривании деталей с местной изоляцией парафиновыми сплавами).

Для получения хороших результатов по обезжириванию деталей необходимо соблюдать следующие правила.

1. Не допускать длительной передержки процесса, так как это приводит к насыщению деталей водородом и потемнению поверхности.
2. Тонкостенные стальные каленые детали, например пружины всех видов, не допускается обезжиривать на катоде, ввиду охрупчивания стали при насыщении ее водородом; такие детали следует обезжиривать на аноде.
3. Детали из меди и ее сплавов следует обезжиривать только на катоде, так как при анодном процессе детали оксидируются и чернеют.
4. Перед обезжириванием с подвесок должны быть стравлены гальванические покрытия, такие как цинк, олово, свинец и хром, растворяющиеся на аноде и загрязняющие электролит.
5. С поверхности электролита должна систематически удаляться пена, содержащая жиры и масла.

10. Химическое травление и декапирование

Травление черных металлов, главным образом деталей с необработанной поверхностью и деталей, не имеющих точных размеров (например, поковок деталей после горячей штамповки и пр.), осуществляют в растворах технической серной кислоты. Принят наиболее экономичный состав раствора и режим травления следующие:

Серная кислота	15±3%
Температура раствора	50—70° С
Продолжительность травления	0,5 час. и более

Для предохранения металла от перетравливания и снижения водородной хрупкости в травильный раствор вводят присадку ЧМ, состоящую из регулятора Р, который вводится в количестве 1—1,5 кг/м³ травильного раствора и пенообразователя П, добавляемого отдельно в количестве 1—1,5 кг/м² поверхности травильного раствора. Указанный раствор наиболее применим для чугуна, углеродистых и низколегированных марок стали. Для высоколегированных сталей применяют более дорогое, но и более интенсивное травление в соляной кислоте без подогрева. При

травлении в соляной кислоте пользуются присадкой марки ПБ, в количестве 1—1,5 кг/м³ раствора.

Декапирование всех черных металлов перед покрытием наиболее целесообразно осуществлять в смеси серной и соляной кислот, входящих в раствор в количестве по 3—5% каждой, при комнатной температуре и выдержке от 3—5 сек. до 2—3 мин.

Нержавеющие и кислотоупорные стали подвергают предварительному травлению в смеси серной и соляной кислот, а затем чистовому травлению в смеси соляной и азотной кислот. Концентрации кислот зависят от марки стали и характера окалины.

Для удаления налета окислов и коррозии со стальных деталей, имеющих точные размеры, рекомендуется следующий состав раствора и режим обработки:

Хромовый ангидрид	200—250 г/л
Ортофосфорная кислота	50—60 »
Рабочая температура	90—95° С
Выдержка	От 20 мин. до 1—2 час.

Травление меди и ее сплавов для удаления окалины после отжига, производят в 15—20-процентном теплом растворе серной кислоты, при выдержке 10—20 мин.

Для быстрого глянцевого травления меди и ее сплавов рекомендуется следующий состав:

Азотная кислота (уд. вес 1,4)	1000 мл
Серная кислота (уд. вес 1,84)	1000 »
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	20 »
Сажа газовая	3,5 г

Травление производят при температуре 15—25° С в течение 1—2 сек., после чего детали быстро промывают в холодной проточной воде, пассивируют в растворе, содержащем 50—70 г/л двуххромовокислого калия (хромпика) и 10—15 г/л серной кислоты, а затем промывают в воде и сушат.

Медленное глянцевое травление меди ведут в растворе хромового ангидрида, подкисленном серной кислотой.

Алюминий и его сплавы травят в подогретом до 60—70° С растворе, содержащем 100—150 г/л каустической соды, а затем подвергают осветлению в 10—15-процентном растворе азотной кислоты. При травлении деталей из силумина осветление производят в азотной кислоте с добавкой фтористоводородной (плавиковой) кислоты или ее кислых солей.

Травление магниевых сплавов осуществляют при температуре не выше 30° С и выдержке 20—30 сек. в одном из следующих растворов:

1. Азотная кислота	60—70 мл/л
Серная кислота	2—4 »
Хромпик	4—6 г/л
2. Фосфорная кислота	30—40 мл/л
Хромовый ангидрид	15—25 г/л

Если в результате травления на поверхности детали образуется серый налет, то удаление его осуществляется путем дополнительного осветления в растворе плавиковой кислоты с концентрацией 40—50 г/л.

Таблица 28

Важнейшие виды брака при химическом травлении

Характеристика брака	Возможная причина брака	Меры устранения
<p>Детали из черных металлов после травления имеют черный налет</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Примесь азотной кислоты в ванне 2. Образование травильного шлама (углерода) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сменить раствор 2. Смыть шлам струей воды или зачистить стальной щеткой, или обработать на аноде в ванне электрохимического обезжиривания
<p>При глянцевом травлении меди и ее сплавов в азотной кислоте:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Матовая поверхность деталей 2. Коричневый налет 3. Отдельные пятна после сушки 4. Потускнение или позеленение деталей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мало азотной кислоты или недостаточно быстрая промывка 2. Избыток азотной кислоты 3. Недостаточная промывка 4. Непроизведено пассивирование 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить азотной и соляной кислот; ускорить промывку 2. Добавить серной кислоты 3. Ускорить сменность промывной воды 4. Пассивировать в подкисленном растворе хромпика
<p>При травлении алюминия и его сплавов в щелочи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отдельные блестящие пятна 2. Темная поверхность после осветления в азотной кислоте 3. Появление крупнозернистой узорчатости на поверхности деталей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Механическое загрязнение поверхности или касание деталей при травлении 2. Чересчур слабый раствор азотной кислоты или наличие кремния в сплаве алюминия 3. Выявление макроструктуры литого или прокатанного сплава 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Протереть детали растворителем и повторить травление снова 2. Добавить азотной кислоты, а при отсутствии осветления добавить плавиковой кислоты 3. При отсутствии других дефектов не является браковочным признаком

Цинк и хром растворяют в соляной кислоте любой концентрации, для растворения олова требуется крепкая соляная кислота с подогревом. Кадмий и свинец растворяют в азотной кислоте. Сплавы титана травят в серной или соляной кислотах с добавками плавиковой кислоты.

Наложение ультразвуковых колебаний при травлении и декапировании деталей из различных металлов во много раз улучшает и ускоряет очистку их поверхности.

Важнейшие виды брака приведены в табл. 28.

11. Специальные виды химической обработки деталей

К специальным видам травления относятся травильные процессы, заменяющие механическую обработку, и, как правило, являющиеся более экономичными, скоростными и не требующими сложного оборудования. К ним следует отнести химическое фрезерование металлов, химическое снятие заусенцев, химическое полирование металлов, химическую маркировку и прочие процессы.

Химическое фрезерование листового алюминия и алюминиевых труб получило широкое применение в промышленности. Для получения сложнопрофилированных отверстий одновременно на большой партии листов или труб детали монтируют в кассеты, слабо протравливают в горячем 10—15-процентном растворе каустической соды, промывают в холодной воде, осветляют в 10—15-процентном растворе азотной кислоты, промывают, сушат и наносят изоляционный слой, используя для этого соответствующие шаблоны. Слой покрытия на листовом металле наносят пульверизатором.

При этом сначала производят покрытие поверхностей, не подлежащих травлению, и кромок листов, а затем, по высыхании защитного слоя, на рабочей поверхности по трафарету.

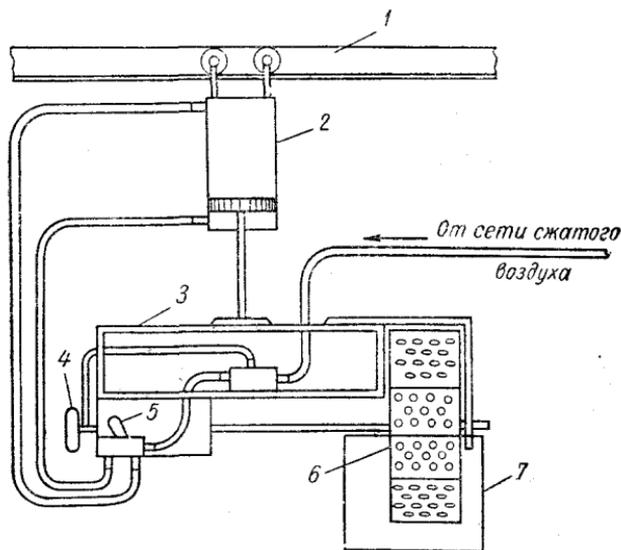
В качестве изоляционного покрытия применяют состав, содержащий 100 вес. ч. клея № 88, 100 вес. ч. молотого фарфорового боя и смесь бензина «Калоша» с этилацетатом, взятая в соотношении 1 : 2 и прибавляемая до вязкости 15—16 сек. по воронке НИИЛК, сопло № 4. Фарфоровый бой может быть заменен окисью хрома, тальком или каолином. Продолжительность высыхания покрытия 8—10 час. на воздухе или 2—3 часа при 40—60° С.

В качестве травильного раствора применяют раствор каустической соды с концентрацией 600—650 г/л при 70—80° С. Скорость травления составляет 15 мин. на 1 мм толщины стенки. После травления детали промывают в воде, осветляют в азотной кислоте, промывают, сушат, удаляют защитное покрытие в указанной выше смеси бензина с этилацетатом, протирают и сушат. Химическое фрезерование стальных деталей производят в крепкой соляной кислоте или в подогретом 20-процентном растворе серной кислоты.

Химико-механический способ удаления заусенцев с мелких деталей из меди и ее сплавов производят в шестигранном вращающемся барабане, погруженном в крепкую азотную кислоту, как это показано на фиг. 25. Скорость вращения барабана 15—25 об/мин. Продолжительность обработки 1,5—2 мин.

Заполнение барабана деталями не должно превышать 0,6—0,7 его объема. После удаления заусенцев детали в барабане перемещаются в сле-

дующую ванну и промываются водой при вращении, затем подвергаются пассивированию в растворе хромового ангидрида, подкисленного серной кислотой, снова промываются и подвергаются сушке.



Фиг. 25. Схема установки для химико-механического удаления заусенцев с мелких деталей:

1 — монорельс; 2 — пневматический подъемник; 3 — рама барабана; 4 — рукоятка подъемника; 5 — рукоятка пневматического вращения барабана; 6 — барабан с деталями; 7 — травильная ванна.

Химическое полирование нержавеющей стали типа 1X18H9T производят в растворе следующего состава при режиме работы:

Азотная кислота (уд. вес 1,4)	40 мл
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	70 »
Серная кислота (уд. вес 1,84)	230 »
Клей столярный	10 г/л
Хлористый натрий	6 »
Краситель кислотный, черный	6 »
Рабочая температура	70—65° С
Выдержка	5—30 мин.
	(устанавливается в зависимости от состояния поверхности)

Для химического полирования мелких алюминиевых деталей применяют следующий состав и режим обработки:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7)	60 мл
Серная кислота (уд. вес 1,84)	200 »
Азотная кислота (уд. вес 1,4)	150 »
Мочевина	5 г
Рабочая температура	100—110° С
Выдержка	15—20 сек.

В качестве ванны применяют фарфоровую или керамиковую емкость, смонтированную в кожух с электронагревателями.

Химическое полирование медных и медных деталей производят в растворе следующего состава при режиме работ:

Серная кислота (уд. вес 1,84)	250—270 мл/л
Азотная кислота (уд. вес 1,4)	250—270 »
Нитрит натрия	10—12 г/л
Рабочая температура	30—40° С
Выдержка	1—3 мин.

В связи с газовыделением во время процесса полирования ванну необходимо обеспечить бортовой вентиляцией. Материал ванны — керамика, эмалированная сталь или сталь в форме круглого бака с водяной рубашкой и съемной футеровкой в виде чехла из листового полиэтилена (пластика).

12. Удаление окалины в расплавленных щелочах

Технологический процесс удаления окалины с чугунного и стального литья деталей после цементации и закалки, а также после других процессов термической обработки, вызывающих образование окислов на поверхности деталей, состоит в следующем. Детали монтируют на подвесках из углеродистой стали, сечение которых устанавливается из расчета силы тока: 1 а на 1 мм² сечения. Обычно общее сечение подвески для деталей средних размеров должно быть не менее 50—100 мм². Смонтированные детали подвешивают на штангу, расположенную над зеркалом ванны, на 5—10 мин. для прогревания их до 100—150° С и для удаления влаги. Затем детали погружают в ванну, содержащую смесь расплавленных щелочей следующего состава:

Едкий натр	70—80% (вес.)
Едкий калий	30—20 »

При нагревании ванны со щелочами плавление их начинается со 150° С, затем повышают температуру до 400° С и загружают детали. Рабочая температура процесса составляет $400 \pm 50^\circ \text{С}$. Корпус ванны изготовляют из листовой стали. Ванну снабжают электронагревателями, теплоизоляционной рубашкой, бортовой вентиляцией и подключают ее в качестве электрода к источнику постоянного тока, включенному на 6 в.

Процесс электролитической очистки ведут при плотности тока 5—10 а/дм², начиная с катодной обработки деталей. Обработку ведут при переключении полярности, которое производят через каждые 5 мин. Общая продолжительность процесса в зависимости от состояния поверхности колеблется в пределах 15—30 мин. Закачивается процесс очистки

также катодной обработкой деталей. Затем ток выключают, выгружают штангу с подвесками и выдерживают ее над ванной в течение 3—5 сек. для стекания щелочи.

Обработанные детали двукратно погружают в воду на 3—5 сек. При быстром выполнении этой операции поверхность деталей остается светлой и детали не требуют специальной сушки.

В процессе очистки на дне ванны отлагается шлам, который следует удалять не реже одного раза в неделю. Для удобства удаления шлама на дно ванны укладывается железный поддон.

Процесс очистки не вызывает растравливания поверхности деталей и изменений первоначальных свойств металла.

13. Электролитическое травление и декапирование

Этот вид обработки применяется для ускорения процесса травления, для повышения прочности сцепления основного металла детали с гальваническим покрытием и в некоторых других случаях.

Для анодного протравливания поверхности стальных деталей применяют электролит, имеющий следующий состав и режим травления:

Серная кислота	80—120 г/л
Поваренная соль	10—20 »
Рабочая температура	15—25° С
Анодная плотность тока	3—5 а/дм ²
Выдержка	3—5 мин.

В качестве катодного материала применяют свинец.

Для удаления черновин и окалины с деталей из различных конструкционных сталей после их термообработки применяют катодное травление с одновременным осаждением свинца на очищенной поверхности металла. Это исключает перетравливание деталей, имеющих точные размеры. Для травления рекомендуется следующий состав электролита и режим травления:

Серная кислота	15—20 г/л
Соляная кислота	35—40 »
Поваренная соль	4—6 »
Рабочая температура	65—70° С
Катодная плотность тока	7—10 а/дм ²
Выдержка	10—25 мин.

Аноды (нерастворимые из кремнистого чугуна и растворимые из сурьмянистого свинца) завешивают в количественном соотношении 1 : 1.

Пленка свинца получается тонкая, рыхлая и легко удаляется с деталей при анодном растворении в 5—10-процентном растворе каустической соды.

Для очистки листовой нержавеющей стали после горячей прокатки и термической обработки применяется электролитическое травление переменным током с промышленной частотой. Электролит содержит по 2% (объемных) серной и азотной кислоты. Обработку ведут без подогрева, при напряжении переменного тока 12—25 в и плотности тока 5—10 а/дм². Продолжительность процесса зависит от состояния поверхности.

Анодное декапирование применяют при хромировании стальных деталей и иногда для деталей из меди и ее сплавов. При декапировании меди

электролит состоит из 2—3-процентного раствора цианистого калия или натрия и применяется без подогрева при плотности тока 1—2 a/dm^2 и продолжительности анодной обработки 2—3 мин. Катоды медные.

14. Электрохимическое полирование черных и цветных металлов

Электрохимическое полирование по существу является анодным блестящим травлением. Характерной особенностью его является сглаживание поверхности металла за счет интенсивного растворения мельчайших выступов, образовавшихся в результате шлифования детали. При этом в мельчайших углублениях, канавках и впадинах создается пассивное состояние металла, растворимость его очень мала. Поверхность деталей после полирования приобретает яркий блеск, однако глубокие риски не сглаживаются. Поэтому для повышения чистоты обработки на 1—2 класса электрополирование следует применять для деталей с чистотой поверхности не менее 8—10-го класса по ГОСТ 2789—59. Для поверхности с более грубой обработкой при той же продолжительности полирования наблюдается лишь появление блеска. Электрохимическое полирование применяется для мерительного и режущего инструмента, для снятия мелких заусенцев со штампованных деталей, для декоративной отделки и получения прочного сцепления с гальваническими покрытиями, для обработки поверхностей трения и качения и во всех случаях, когда требуется пассивная и гладкая поверхность.

Среди электролитов для полирования черных металлов наиболее употребим так называемый универсальный электролит, пригодный для полирования черных и цветных металлов. Состав его и режим работы следующие:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	65% (вес.)
Серная кислота (уд. вес 1,84)	15 » »
Хромовый ангидрид	6 » »
Вода	14 » »
Рабочая температура	80°+5
Анодная плотность тока	50—70 a/dm^2
Выдержка	3—7 мин.

В качестве катодов применяют пластины свинца. Конструкция ванны электрохимического полирования подобна ванне хромирования.

При составлении электролита хромовый ангидрид растворяют в небольшом объеме воды. Затем добавляют фосфорную кислоту, после чего постепенно, при перемешивании, вводят серную кислоту. Удельный вес электролита доводят до 1,74 путем добавления воды или, наоборот, выпаривания и прогревают при 110—120° С. При небольшом объеме работ электролитом можно пользоваться без катодных диафрагм, но для полирования по заданной программе требуется большая эксплуатационная стойкость электролита, которая определяется содержанием в нем трехвалентного хрома и солей железа. Количество трехвалентного хрома в электролите не должно превышать 2% в пересчете на окись хрома, а железа — 7% в пересчете на окись железа.

Для того чтобы устранить насыщение трехвалентным хромом, свинцовые катоды изготовляют в форме стержней и помещают их в пористые

керамиковые стаканы, наполненные 15—20-процентным раствором серной кислоты и погруженные в ванну электрохимического полирования.

Железо накапливается в электролите за счет растворения металла деталей. По достижении концентрации его до 7% электролит сменяют либо очищают от железа по специальному режиму [1].

Основные неполадки при электрохимическом полировании стали и их устранение указаны в табл. 29.

Для электрохимического полирования нержавеющей и кислотоупорных сталей типа 1X18H9T можно пользоваться этим же электролитом, но без хромового ангидрида, взамен которого вводят соответствующее количество воды. Температура электролита понижается и лежит в пределах 40—50° С.

Для полирования меди и ее сплавов наиболее целесообразно применение следующего состава электролита и режима обработки:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	1200 г/л
Хромовый ангидрид	120 »
Рабочая температура	20—30° С
Анодная плотность тока	30—50 а/дм ²
Выдержка	0,5—2 мин.

Удельный вес готового электролита 1,60—1,61.

В качестве катодов используют листовую медь.

Полирование деталей из никеля, а также деталей с никелевыми покрытиями производят в следующем электролите:

Серная кислота	1200 г/л
Ортофосфорная кислота	120—150 »
Лимонная кислота	15—20 »
Рабочая температура	20—30° С
Анодная плотность тока	30—50 а/дм ²
Выдержка	До 1 мин.

Удельный вес готового электролита 1,65. Материалом катодов является свинец.

Жаропрочные высоколегированные сплавы на основе никеля (ЧМТУ 5211—55) полируются также в сернофосфорных электролитах. Например, для сплава ЭИ617 принят следующий состав и режим полирования:

Серная кислота	800—850 г/л
Ортофосфорная кислота	220—230 »
Рабочая температура	20—30° С
Анодная плотность тока	40—50 а/дм ²
Выдержка	2—3 мин.

Таблица 29

Неполадки при электрохимическом полировании стали

Вид дефектов	Причина их появления	Способы устранения
Точечное травление поверхности деталей	Неполное растворение хромового ангидрида	Проверить удельный вес электролита, разбавить, если нужно, водой и прогреть при 100—110° С 1—2 часа
Отсутствие блеска, желтые пятна на деталях	Удельный вес электролита ниже чем 1,70	Выпарить электролит до уд. веса 1,74
Коричневая просвечивающая пленка на деталях или белые полосы	Удельный вес электролита выше, чем 1,77	Разбавить электролит водой до уд. веса 1,74 и прогреть при 100—110° С 1 час
Матовость с синеватым оттенком после протирки деталей	1. Электролит не прогрет и не проработан 2. Низкая температура	1. Прогреть до 120° С 1 час и проработать электролит в течение нескольких часов 2. Нагреть до 80° С
Отсутствие блеска, темно-коричневые пятна на деталях	1. Накопление трехвалентного хрома 2. Высокая температура электролита 3. Высокая анодная плотность тока 4. Плохой контакт детали с подвеской	1. Проверить исправность диафрагм и проработать электролит 2. Охладить электролит до 70° С 3. Снизить анодную плотность тока 4. Проверить и улучшить контакт

Продолжение табл. 29

Вид дефектов	Причина их появления	Способы устранения
Волнистость или полосчатость полированной поверхности у кромок и отверстий деталей	1. Высокая температура электролита 2. Передержка по времени 3. Высокая анодная плотность тока	1. Понизить температуру электролита до 70° С 2. Сократить выдержку до 3—5 мин. 3. Снизить анодную плотность тока до 25—30 а/дм ²
Темная матовая поверхность деталей со следами травления	Накопление окиси железа более 7%	Сменить электролит или удалить железо в виде железного купороса по специальному режиму

15. Специальные виды электрохимической обработки деталей

Электрохимическое полирование больших листов стали, например нержавеющей стали типа 1Х18Н9Т, обработка которых в ваннах невозможна, рекомендуется производить струйным способом. Состав электролита и режим работы при полировании следующие:

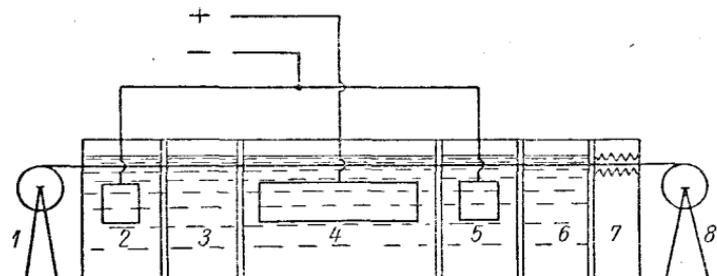
Ортофосфорная кислота	57,5% (вес.)
Серная кислота	20% (вес.)
Хромовый ангидрид	0,5—1% (вес.)
Вода	22% (вес.)
Рабочая температура	105—110° С
Анодная плотность тока	150—200 а/дм ²
Напряжение	9—11 в

Скорость подачи электролита 0,5—0,6 м/сек, при диаметре подающей трубки 18 мм. Электролит требуется проработать в течение 3—4 час.

При полировании листы размещают в горизонтальном положении над ванной на противне, обеспечивающем сток отработанного электролита в ванну. Катодом служит круглый полый стержень из графита диаметром от 50 до 200 мм, который крепится над листом на гибком шланге. Между анодом и листом имеется зазор в 1—2 мм, не более, осуществляемый посредством перфорированной текстолитовой прокладки. Подача электролита в полость катода осуществляется кислотоупорным насосом. Электролит обладает высокой электропроводностью и малой способностью к пенообразованию.

Непрерывное электрополирование ленты и проволоки из углеродистой стали производят по безконтактному методу, в конвейерной установке. Процессы электрохимического

обезжиривания и нейтрализации деталей в содовом растворе после полирования происходят при катодном подключении изделий, а электрополирование — на аноде. При этом проволока или лента, проходя через соответствующие ванны, замыкает электрическую цепь через электролиты, как это показано на фиг. 26.



Фиг. 26. Схема установки для непрерывного электрополирования проволоки по биполярному методу:

1 — размоточный барабан; 2 — ванна катодного обезжиривания; 3 — промывная ванна; 4 — ванна электрополирования; 5 — ванна нейтрализации; 6 — промывная ванна; 7 — сушило; 8 — намоточный барабан.

Для электролита полирования принят следующий состав и режим работы:

Ортофосфорная кислота	800 мл/л
Серная кислота	200 »
Хромовый ангидрид	150 г/л
Рабочая температура	60—80° С
Плотность тока	100 а/дм ²

При прохождении проволоки или ленты со скоростью около 4 м/мин продолжительность полирования составляет 15—20 сек. со съемом металла около 0,03 мм и с получением чистоты поверхности до 9-го класса.

Составы электролитов для обезжиривания и нейтрализации и режимы обработки для них подбираются по условиям работы. Подача проволоки или ленты осуществляется прямоточно через отверстия в бортах ванн, запираемые от стока электролитов встречными потоками сжатого воздуха. Зазоры между ваннами конвейерной установки отсутствуют. Одновременно может обрабатываться несколько нитей, что позволяет создать высокую производительность установки [3].

Заточка режущего инструмента из углеродистой стали, например, лезвий бритв, ножей, хирургических инструментов, осуществляется при следующем составе электролита и режиме работы:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	1 л
Хромовый ангидрид	20 г/л
Удельный вес электролита	1,7
Рабочая температура	80° С
Анодная плотность тока	100—120 а/дм ²
Продолжительность обработки	5—10 сек.

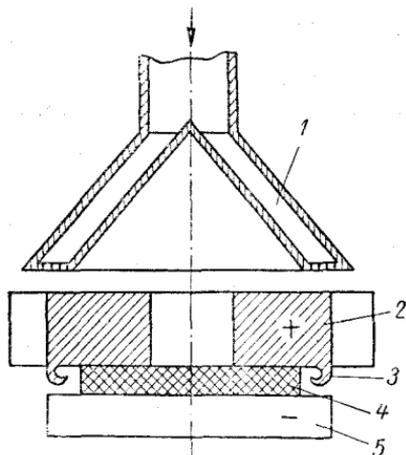
Катодами являются свинцовые пластины. При заточке в электролит погружают лишь край лезвий на глубину 1—2 мм, поэтому общая сила тока на изделие не превышает нескольких ампер.

Анодный способ нанесения рисок и делений на поверхности стального мерительного инструмента производят в электролите следующего состава при режиме работы:

Хлористый аммоний	60 г/л
Железоаммиачные квасцы	30 »
Рабочая температура	15—25° С
Анодная плотность тока	20—25 а/дм ²
Продолжительность обработки	1 мин. и более в зависи- мости от заданной глущи- ны рисок

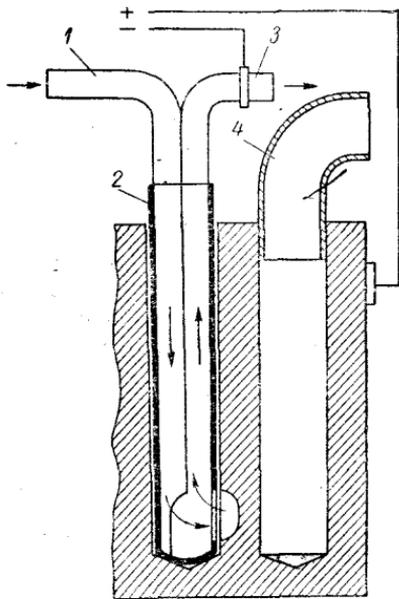
Катодами служат свинцовые пластины. Изоляцию необрабатываемой поверхности производят асфальтовым лаком.

Электрохимический способ удаления заусенцев



Фиг. 27. Схема установки для электрохимического снятия заусенцев:

1 — распределительная воронка для электролита; 2 — шестерня; 3 — заусенцы; 4 — электронизоляционная прокладка; 5 — катодная пластина.



Фиг. 28. Схема электролитического фрезерования соединительных окон во внутренних каналах:

1 — нагнетающий патрубок; 2 — резиновый чехол; 3 — выводной патрубок; 4 — отводной патрубок в конце процесса.

цев с зубьев шестерен и с других стальных деталей сложного профиля производятся в электролите, содержащем 100—150 г/л поваренной соли и 30—50 г/л винной кислоты. Для этой цели шестерню, являющуюся анодом, укладывают на металлическую плиту с электронизоляционной прокладкой, как это показано на фиг. 27, так, чтобы заусенцы, подлежащие

удалению, были направлены к плите с минимальным зазором, но не касались ее.

Наибольшая скорость растворения металла имеет место при зазорах в 0,2—0,4 мм.

Нагревать электролит не требуется, но в зоне заусенцев, где анодная плотность тока достигает 100—500 a/dm^2 , происходит повышение температуры электролита до 90—100° С, которое благоприятно сказывается на скорости съема металла. Напряжение постоянного тока колеблется в пределах 6÷18 в, но общая сила тока на каждую деталь невелика и определяется главным образом площадью заусенцев.

Электролит на шестерню подается через воронку насосом. Продолжительность анодной обработки зависит от величины заусенцев и принятой плотности тока и составляет от 0,5 до 3 мин. После удаления заусенцев детали промывают, пассивируют в растворе нитрита натрия и сушат.

Этот же электролит может быть использован при электролитическом фрезеровании соединительных окон во внутренних каналах цельнометаллических конструкций из стали или алюминия, как это показано на фиг. 28. Приспособление для фрезерования соединительных окон состоит из медной трубки, изолированной снаружи чехлом из мягкой листовой резины, приклеенной к ней клеем № 88 или АН-4. Дно трубки наглухо заварено, а в стенке на заданном уровне прорезано отверстие, имеющее форму и размеры фрезеруемого окна. Электролит подается насосом через патрубки, вваренные в медную трубку, со скоростью 5—15 $m/сек$. Плотность тока 20—25 a/cm^2 , напряжение 15—25 в. Процесс протекает с выходом по току (в пересчете на растворенный металл), близким к 100%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотьев Н. П., Грилихес С. Я., Электролитическое травление, полирование и оксидирование металлов, Машгиз, 1957.
2. Ямпольский А. М., Защитные покрытия металлов, Лениздат, 1958.
3. Никольская М. Н., Электрополировка проволоки и ленты, МДНТП, 1958.
4. Харламов И. П., Мороз И. И., Барке В. Н., Новый электрохимический способ снятия заусенцев, ЦИТЭИН, № М-61-7/1.

ГЛАВА V

ПРИМЕРЫ СХЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Технологические процессы подготовки деталей и нанесения гальванических покрытий представляют собой комплекс операций и переходов, которые разделяются на группы: подготовительные, нанесения покрытий и заключительные.

К подготовительным операциям относятся: механическая (шлифование, полирование и др.) и химическая обработка (обезжиривание, травление и др.) деталей. К заключительным — химическая обработка (осветление, пассивирование), сушка и механическая обработка (гляцевание, крацевание) покрытий.

Последовательность выполнения и вид операций в значительной степени зависят от назначения покрытия и исходного состояния поверхности деталей. Например, операции монтажа деталей на подвесные приспособления и снятие с них осуществляются обычно в начальной и конечной стадии процесса покрытия. Однако возможны случаи, когда подвесные приспособления бывают необходимы лишь в середине процесса, например, когда подготовка деталей (обезжиривание и травление) производится в корзинах или сетках, а покрытие — на подвесках. При многослойных покрытиях, например никель — хром, для никелирования и хромирования применяют различные подвесные приспособления, поэтому операция монтажа производится дважды.

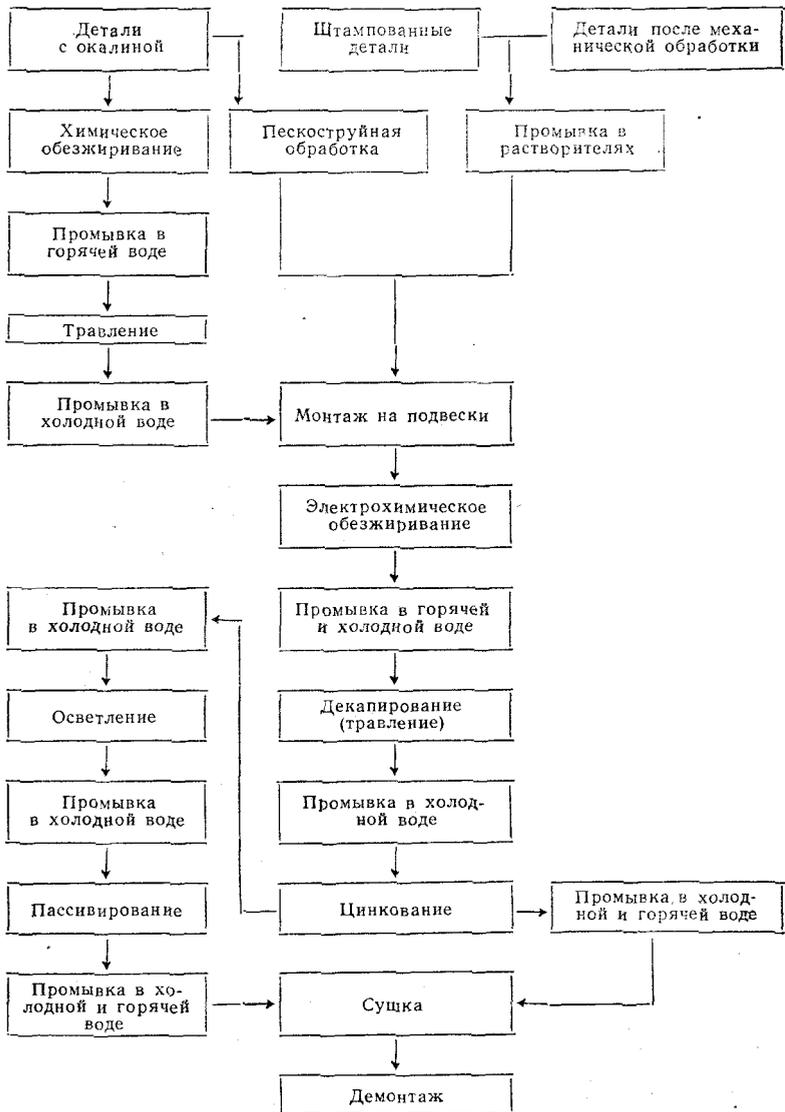
На схеме (фиг. 29) дана примерная последовательность основных технологических операций цинкования в кислых электролитах.

Технологический процесс цинкования в цианистых электролитах отличается двукратной промывкой деталей после декапирования и нейтрализацией следов цианистого электролита, оставшихся на деталях после промывки их в холодной воде.

На практике в технологический процесс цинкования возможно включение операций, не приведенных в схеме. Например, при цинковании (или кадмировании) деталей, поверхность которых должна частично изолироваться в схеме технологического процесса, предусматривается операция покрытия лаком или восковым составом участков, не подлежащих цинкованию.

Термообработанные детали, наводороживание которых не допускается, обрабатываются так, чтобы выделение водорода на поверхности было сведено к минимуму. В этом случае электрохимическое обезжиривание производят только путем анодной обработки, травление в кислотах заменяют пескоструйной обработкой или электрохимическим травлением на аноде.

После цинкования детали подвергают так называемому обезводороживанию посредством прогрева их при температуре 200°C в течение 2 час.



Фиг. 29. Технологический процесс цинкования в кислых электролитах.

На фиг. 30 представлены технологические процессы декоративного хромирования с подслоем меди и никеля, имеющие широкое распространение в самых различных областях промышленности.

Внешняя отделка деталей обычно зеркально блестящая, однако в некоторых случаях применяются полуматовые покрытия, как, например, на деталях фотоаппаратов. Применение процессов блестящего никелирования и блестящего меднения позволяет значительно сократить технологический процесс отделки.

На фиг. 31 представлены схемы технологических процессов лужения и анодного оксидирования алюминия.

Гальванические покрытия алюминия и алюминиевых сплавов получили сравнительно широкое распространение. Технологические процессы гальванических покрытий алюминиевых сплавов отличаются большим многообразием. Известные трудности, возникающие при нанесении покрытий, состоят в получении прочного сцепления с основным металлом, чему препятствуют естественные окисные пленки, всегда имеющиеся на поверхности алюминия и его сплавов. Поэтому основными операциями при их покрытии являются: удаление окисных пленок и обработка поверхности, предупреждающая их образование.

Удаление окисных пленок производят травлением в щелочных растворах, после чего обработкой в растворах, содержащих соли таких металлов, как цинк, марганец, никель, олово, получают контактно осажденные пленки этих металлов, предохраняющие поверхность алюминия от окисления. Благодаря этому гальваническое покрытие наносят на слой контактно осажденного металла.

По другому методу гальванические покрытия наносят на поверхность, ранее анодно оксидированную в фосфорной кислоте. Полученные окисные пленки отличаются пористостью, что увеличивает прочность сцепления покрытия с основой. Оба метода подробно описаны на стр. 153 и 202.

Если изделия из алюминия имеют швы, паянные мягкими припоями, то для подготовки поверхности рекомендуется пескоструйная обработка. Однако коррозионная стойкость при этом значительно снижается.

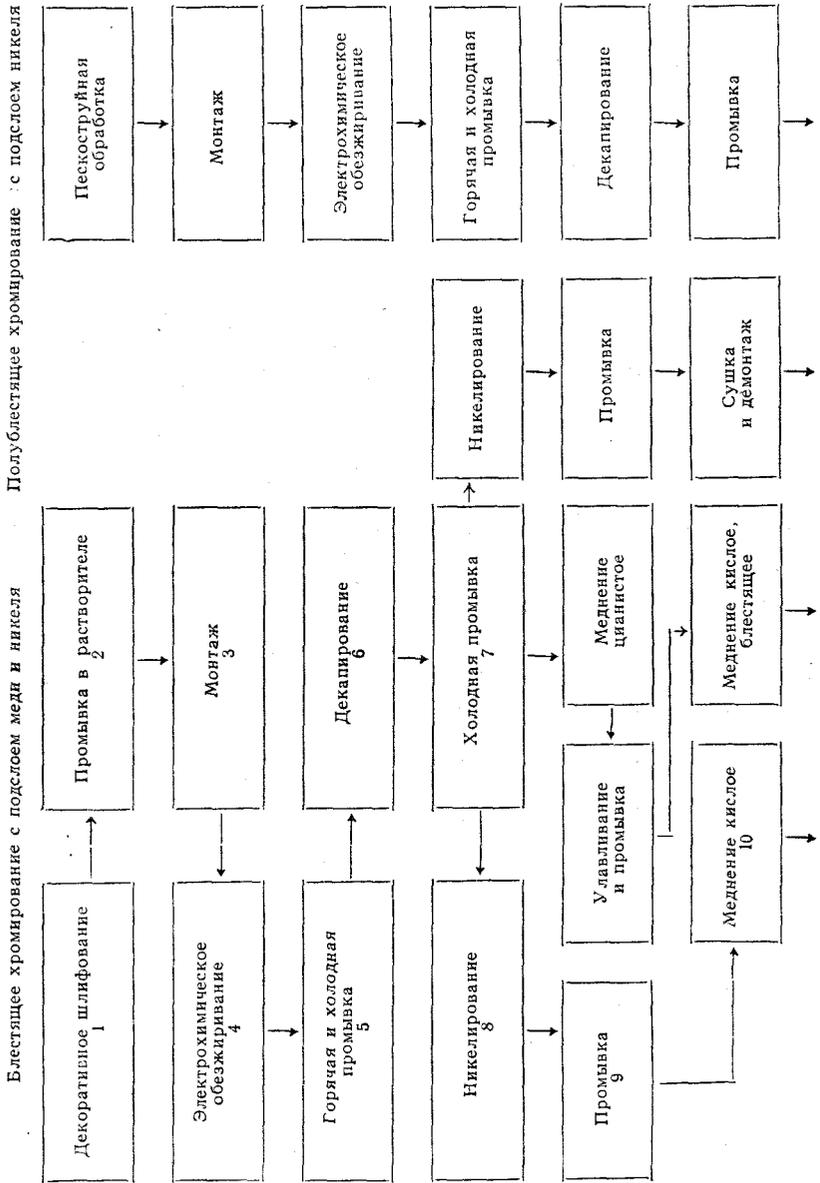
Сравнение качества гальванических покрытий на алюминиевых сплавах, полученных различными методами, показывает, что наиболее прочное сцепление покрытия с основным металлом достигается при использовании кислых или слабо-щелочных электролитов ($\text{pH} = 8,0$). Применение щелочных цианистых электролитов для получения подслоев меди или цинка является причиной пониженной прочности сцепления покрытия с основой, что проявляется в образовании вздутий и пузырей на покрытии в процессе сушки. Поэтому для электроосаждения покрытий рекомендуются следующие электролиты:

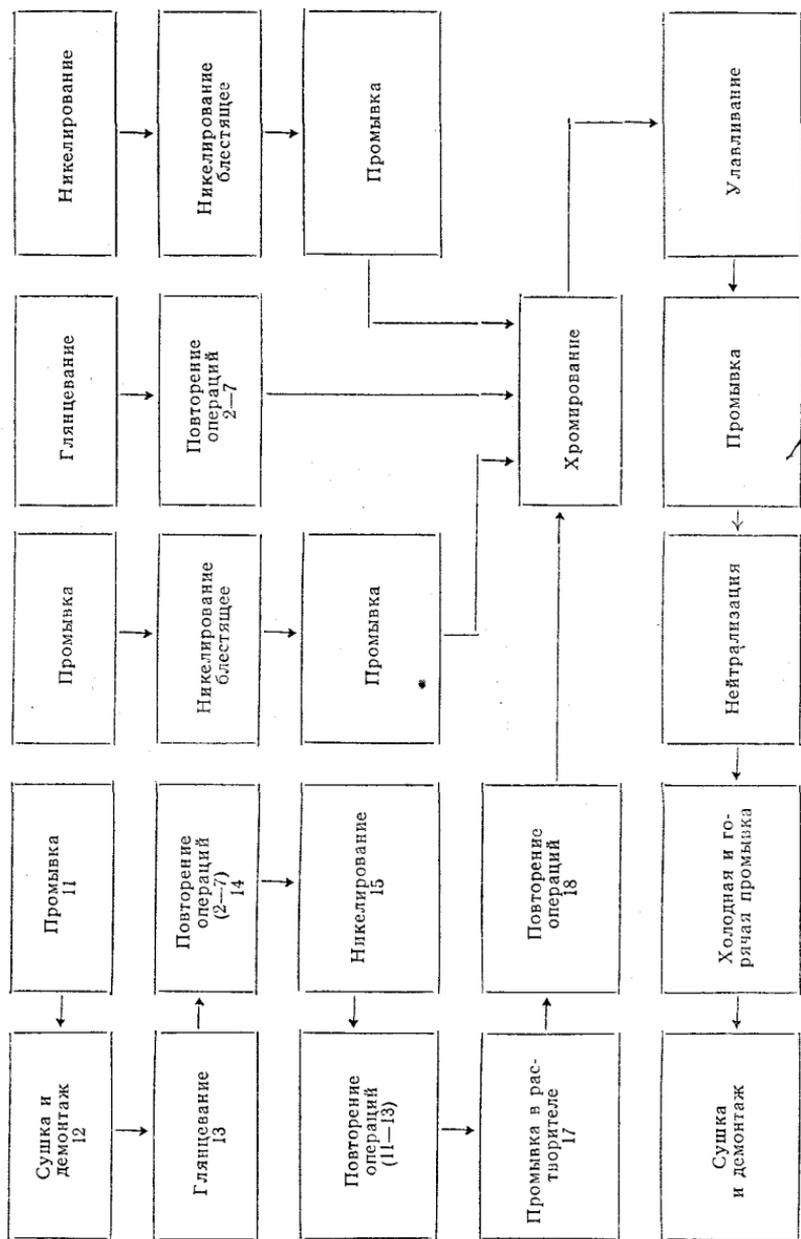
для меднения — пиррофосфатный, серноокислый и цианистый;

для цинкования — фторборатный.

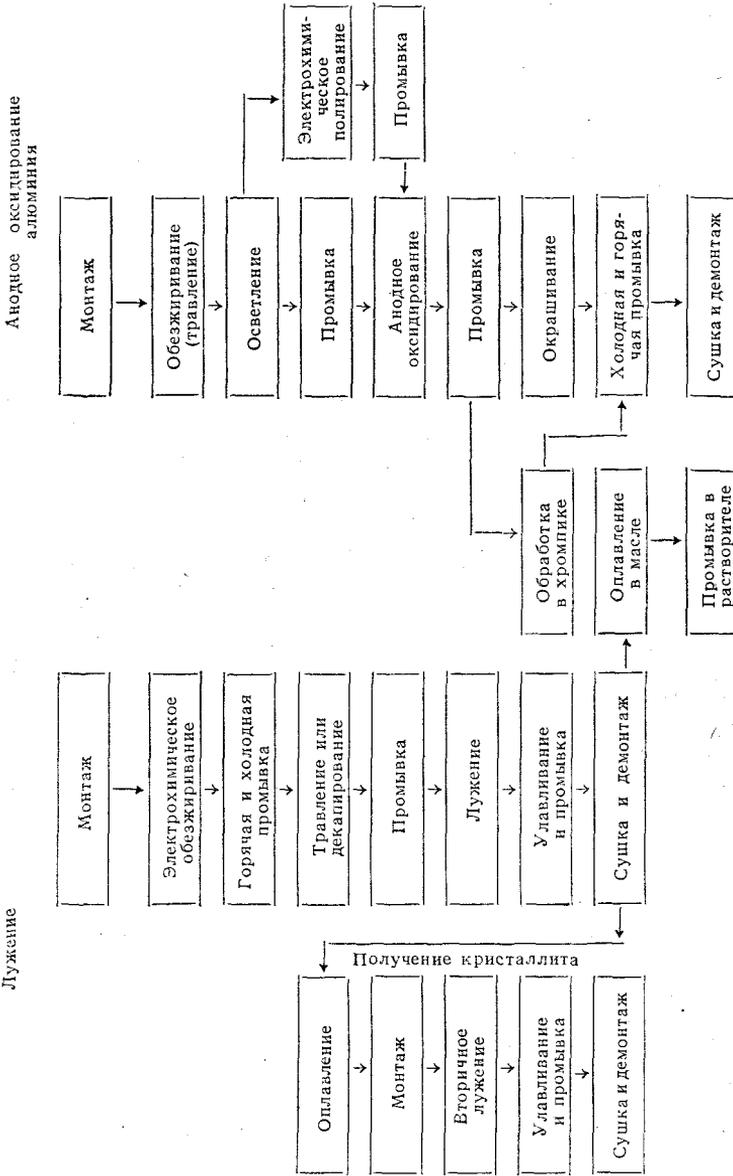
При покрытии деталей сложного профиля рекомендуется применять процесс химического никелирования. В дальнейшем, используя никель в качестве подслоя, можно осадить другие виды покрытий, например, медь — серебро, хром и др.

После осаждения никеля химическим или электрохимическим способом детали необходимо подвергнуть термообработке при температуре 200°C в течение 30—40 мин. При этом имеет место частичная диффузия металлов покрытия и основы, чем достигается более прочное сцепление. Образующиеся в результате нагрева окисные пленки легко удаляются

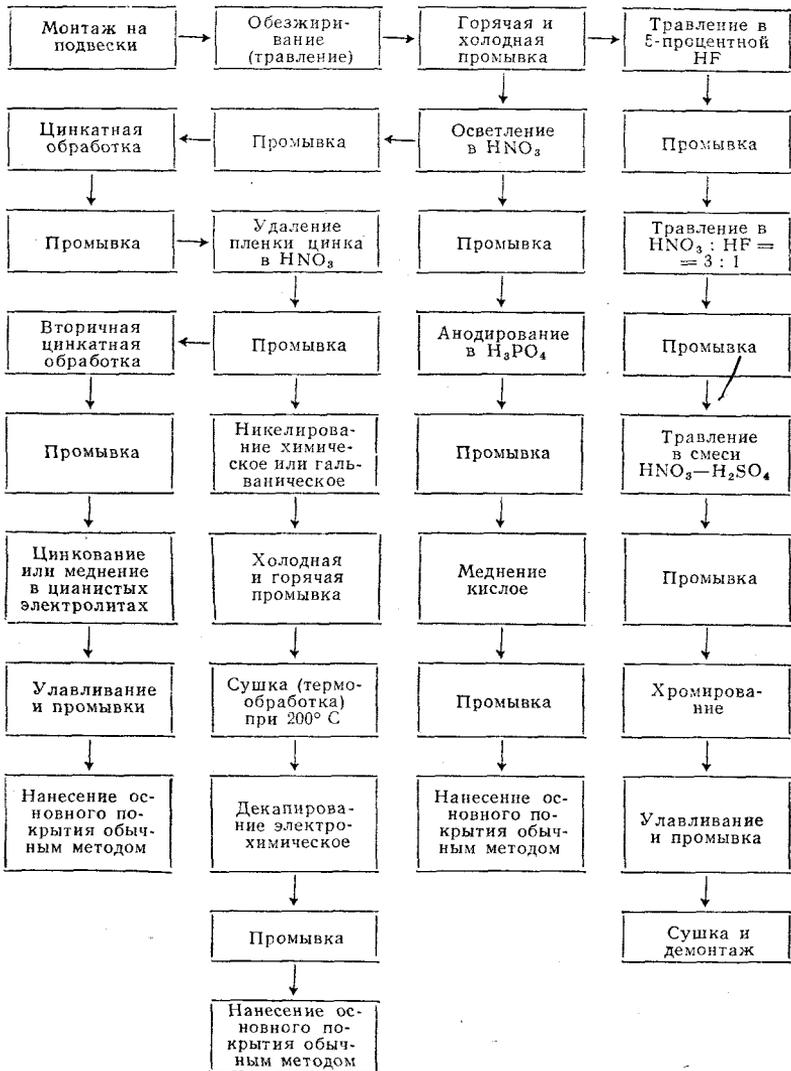




Фиг. 30. Технологические процессы хромирования с подслоем меди и никеля.



Фиг. 31. Технологические процессы лужения и анодного оксидирования алюминия.



Фиг. 32. Технологические процессы покрытия алюминиевых сплавов.

декапированием в 10-процентном растворе серной кислоты с добавлением азотной кислоты в количестве 10—20 мл/л.

Хорошие результаты получаются также при анодном декапировании в 20-процентном растворе серной кислоты.

На фиг. 32 представлены различные схемы технологических процессов получения металлических покрытий на алюминиевых сплавах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнер Я. В., Дасоян М. А., Дринберг М. А., Тарасенко А. А., Хаин И. И., Справочник по защитно-декоративным покрытиям. Под ред. проф. Федотьева Н. П., Машгиз, 1951.

2. Лайнер В. И., Гальванические покрытия легких сплавов, Металлургия, 1959.

ГЛАВА VI

ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ЦИНКОМ, КАДМИЕМ, ОЛОВОМ И СВИНЦОМ

1. Цинкование

Цинк — хрупкий металл светло-серого цвета с уд. вес. 7,2 и температурой плавления 419° С.

Будучи химически активным металлом, он легко растворяется в кислотах и щелочах, не стоек к воздействию сернистых соединений и влажного углекислого газа. Под влиянием влажного воздуха и воды цинк тускнеет и покрывается белым налетом окисных и углекислых соединений, предупреждающим дальнейшее разрушение покрытия.

Имея более отрицательный нормальный потенциал ($-0,76$ в), чем железо, цинковое покрытие по отношению к железу является анодом и в образующейся гальванической паре цинк—железо (см. гл. I) разрушению подвергается покрытие, а основной металл сохраняется. Скорость разрушения цинкового покрытия зависит от условий эксплуатации изделия и составляет около 1,0—1,5 мк в год для сельской местности и 6—8 мк в промышленных районах.

Цинкование является самым распространенным металлическим защитным покрытием стальных деталей приборов, машин и конструкций. Правильный выбор толщины слоя покрытия обеспечивает надежность изделия в эксплуатации. Толщина покрытия устанавливается по ГОСТ 3002—58 или же соответствующими техническими условиями на изделия.

По ГОСТ 3002—58 в зависимости от условий эксплуатации предусмотрены следующие минимальные толщины цинкового покрытия:

- 1) для изделий, находящихся в легких условиях эксплуатации (отапливаемые помещения), — 5 мк;
- 2) для изделий, находящихся в средних условиях эксплуатации (влажный воздух, сельская местность), — 15 мк;
- 3) для изделий, находящихся в жестких условиях эксплуатации (влажный морской воздух, атмосфера, загрязненная промышленными газами), — 30 мк.

Для изделий специального назначения толщина цинковых покрытий может значительно отличаться от указанных выше величин; например, для покрытия водопроводных труб специального назначения и резервуаров для воды рекомендуется толщина цинка 50 мк. Мелкие крепежные детали цинкуются на толщину 4—7 мк.

Гальваническое цинкование осуществляется при помощи кислых цианистых, цинкнатных и аммиакатных электролитов.

2. Цинкование в кислых электролитах

Электролиты и режимы цинкования в кислых электролитах. Кислые электролиты применяются для цинкования деталей простой формы. В этих электролитах допускается применение высоких плотностей тока без снижения выхода по току, величина которого составляет 85—98%. В табл. 30 представлены данные расчета толщины слоя цинка в зависимости от заданной плотности тока и выхода по току.

Таблица 30

Скорость осаждения цинка из кислых электролитов в *мк/час*

Выход по току в %	Катодная плотность тока в <i>а/дм²</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95	16,4	32,8	49,2	65,6	82	98,4	114,8	131,2	147,6	164
98	16,9	33,8	50,6	67,6	84,5	101,2	117,8	135,2	151,8	169
100	17,2	34,4	51,6	68,8	86,0	103,2	120,4	137,6	154	172

Условия электролиза в кислых цинковых электролитах представлены в табл. 31.

Таблица 31

Составы электролитов и режимы цинкования в кислых электролитах

Компоненты электролитов и режимы цинкования	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Цинк сернокислый	<i>г/л</i>	200—300	430—500	215—430
Сернокислый натрий	»	50—100	50	50—100
Алюминий сернокислый	»	30	30	30—35
Декстрин	»	8—10	—	—
Дисульфонафталиновая кислота или ее натриевая соль	»	—	—	2—3
Кислотность (рН)	»	3,5—4,5	3,5—4,5	3,5—4,5
Температура	<i>°С</i>	15—25	18—40	15—25
Катодная плотность тока:				
без перемешивания	<i>а/дм²</i>	1—2	—	—
с перемешиванием	»	3—6	8—10	3—8
Выход металла по току	%	95—98	95—98	95—98

Сернокислый алюминий, входящий в состав цинковых электролитов, может быть заменен алюминиевокальциевыми квасцами в количестве 50 г/л.

Электролит № 1, широко применяющийся в гальванических цехах, является наиболее простым и не требует подогрева и перемешивания. Электролит № 2 применяется преимущественно для цинкования проволоки и листового материала и обеспечивает высокую скорость наращивания покрытия. Электролит № 3 служит для блестящего цинкования и позволяет получать после осветления блестящие покрытия.

Осветление покрытия производят погружением оцинкованных деталей на 1—3 сек. в один из следующих растворов:

1. Хромовый ангидрид	150 г/л
Серная кислота	3—5 »
или	
2. Азотная кислота	50 »

С целью интенсификации процесса цинкования применяют борфтористоводородный электролит следующего состава:

Борфтористоводородный цинк	280—300 г/л
Борфтористоводородный аммоний	28—30 »
Хлористый аммоний	28—30 »
Солодковый корень	0,5—1,0 »
Величина pH	1—2 »

Величина pH поддерживается в указанных пределах путем добавления борфтористоводородной кислоты.

Покрытие хорошего качества получается при подогреве электролита до температуры 35—40° С и катодной плотности тока 40—50 а/дм².

Приготовление кислых электролитов. Каждый из компонентов взвешивают в соответствии с заданным составом и объемом приготавливаемого электролита, растворяют в отдельных порциях горячей воды, после чего все растворы заливают через суконный фильтр в ванну, которая затем доливается водой до требуемого уровня.

Декстрин растворяют в небольшом количестве холодной воды и также добавляют в ванну перед доведением ее водой до нужного уровня. Затем электролит подогревают до температуры 70° С при непрерывном помешивании. Качество декстрина рекомендуется проверять, добавляя его сначала к небольшому объему электролита (3—5 л), и если внешний вид покрытия, полученного при электролизе, удовлетворителен, то в ванну вводят все количество декстрина.

Приготовленный электролит подвергается анализу на содержание компонентов. При отклонении действительного состава электролита от заданного электролит корректируют. Требуемая кислотность устанавливается добавлением раствора щелочи или серной кислоты до значения pH, указанного в табл. 31.

Приготовленный электролит рекомендуется проработать током в течение нескольких часов, для чего на катодную штангу ванны завешиваются стальные листы, которые цинкуются при плотности тока 0,7—1,0 а/дм².

Методика приготовления борфтористоводородного электролита аналогична методике приготовления фторборатного электролита свинцевания, изложенной на стр. 122.

Основные неполадки при цинковании в кислых электролитах, а также причины, вызывающие эти неполадки, приведены в табл. 32.

Таблица 32

Основные неполадки при цинковании в кислых электролитах

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Образование темных губчатых покрытий, поло счатость	<p style="text-align: center;">М а т о в о е ц и н к о в а н и е</p> <p>1. Наличие в электролите солей электроположительных металлов</p> <p>2. Наличие в электролите вредных органических примесей (скипидар, ацетон, клей)</p> <p>3. Попадание в электролит солей азотной кислоты</p>	<p>1. Проработать подкисленный до $pH=2-3$ электролит током</p> <p>2. Добавить в электролит перекись водорода и проработать под током</p> <p>3. Отфильтровать через активированный уголь</p>
Образование темных крупнокристаллических покрытий «Пригар» углов и острых кромок деталей	<p>1. Повышенная катодная плотность тока</p> <p>2. Повышенное значение pH электролита</p>	<p>1. Снизить катодную плотность тока</p> <p>2. Подкислить электролит серной кислотой до $pH = 3,5-4,5$</p>
Появление дендритных наростов на покрытии	Высокая катодная плотность тока при пониженном содержании цинковых солей	Увеличить содержание сернистого цинка
Светлые, но шероховатые осадки цинка	Наличие в электролите анодного шлама гидратов оксидов, нерастворимого сульфата свинца и механических загрязнений	Отфильтровать электролит

Продолжение табл. 32

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Образование пятнистых неравномерных покрытий	Накопление в электролите солей железа	Добавить перекись водорода (0,5 мл/л) в нагретый до 70° С электролит и после подщелачивания содой отфильтровать
Темные осадки цинка, получающиеся даже в начале электролиза и при низких плотностях тока	Некачественный декстрин	Проработать электролит током при $\text{pH} = 2 - 3$
Образование крупных цинковых покрытий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Загрязнение электролита желатиной, клеем и другими органическими веществами 2. Высокая кислотность при наличии в электролите декстрина 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить к электролиту раствор таннина из расчета 0,1 г/л; образовавшийся осадок отфильтровать 2. Снизить кислотность добавлением соды
Шелушение покрытия	Загрязнение электролита органическими веществами	Отфильтровать электролит через активированный уголь
Темные шероховатые осадки цинка	Защелачивание электролита до значений $\text{pH} > 5,0$, сопровождающееся помутнением электролита	Подкислить электролит до $\text{pH} = 3,5 - 4,5$
Ноздреватость (питтинг) и бороздчатость цинковых покрытий	Загрязнение электролита органическими примесями или гидратами оксидов, способствующих прилипанию пузырьков водорода к покрытию	Добавить в электролит перекись водорода и проработать под током

Продолжение табл. 32

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
<p>Неравномерность покрытия. Уменьшение толщины или даже отсутствие покрытия на малоуглубленных местах</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая рассеивающая способность 2. Повышение температуры электролита 3. Повышенная кислотность электролита 4. Малое расстояние между деталями и анодами 5. Неправильное расположение деталей на подвесках, взаимное экранирование деталей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить декстрин и сернистый натрий 2. Снизить температуру электролита 3. Снизить кислотность до нормы 4. Увеличить расстояние между электродами 5. Изменить расположение деталей на подвесках
<p>Покрытие темного цвета</p>	<p style="text-align: center;">Б л е с т я щ е е ц и н к о в а н и е</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Загрязнение солями металлов 2. Повышенная температура электролита 3. Повышенное содержание дисульфонафталиновой кислоты 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проработать электролит под током 2. Снизить температуру электролита 3. Прекратить добавление дисульфонафталиновой кислоты при корректировке ванн
<p>Темная кромка покрытия по краям катода и матовый вид остальной поверхности</p>	<p>Недостаточная проработка электролита током</p>	<p>Дополнительно проработать электролит током</p>

Продолжение табл. 32

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Матовое покрытие после осветления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая температура электролита (40° С) 2. Пониженная величина рН < 2,5 3. Низкая плотность тока на катоде 4. Недоброкачественная дисульфонафталиновая кислота 5. Наличие в электролите хлоридов, декстрина, клея 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить температуру электролита 2. Подщелочить электролит до рН=3,5—4,5 3. Повысить катодную плотность тока 4. Заменить дисульфонафталиновую кислоту 5. Проработать электролит током

3. Цинкование в цианистых электролитах

Цианистые электролиты применяются для цинкования деталей сложного профиля.

В табл. 33 представлены данные расчета толщины слоя цинка в зависимости от плотности тока и выхода по току.

Таблица 33

Скорость осаждения цинка из цианистых электролитов в мк/час

Выход по току в %	Плотность тока в а/дм ²									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	10,3	20,6	30,9	41,2	51,5	61,8	72,2	82,4	92,7	103
65	11,2	22,4	33,6	44,8	56,0	67,2	78,3	89,6	100,8	112
70	12,0	24,1	36,1	48,2	60,2	72,2	84,3	96,4	108,3	120,4
75	12,9	25,8	38,7	51,6	64,5	77,4	90,3	103,2	116,1	129
80	13,7	27,6	41,3	55,1	68,6	82,6	96,1	110,0	123,5	137,5
85	14,1	29,3	43,9	58,5	73,0	87,8	102,3	117	131,5	146

Для устранения ошибок в определении времени выдержки изделия в ваннах цинкования рекомендуется периодически производить лабораторное определение выхода по току.

Условия электролиза в цианистых цинковых ваннах представлены в табл. 34.

Таблица 34

Составы электролитов и режимы цинкования в цианистых электролитах

Компоненты электролитов и режимы цинкования	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Окись цинка	г/л	40—45	40—45	8—10
Цианистый натрий	»	75—85	80—85	18—20
Каустическая сода	»	70—85	40—60	70
Сернистый натрий	»	0,5—5,0	—	—
Глицерин	»	3—5	—	—
Температура электролита	°С	15—25	15—25	18—25
Катодная плотность тока:				
без перемешивания	а/дм ²	2—5	1,5—2	0,5—2,5
с перемешиванием	»	10—12	—	—
Выход по току	%	80—85	75—80	70—80

Электролит № 1 позволяет после осветления в 3-процентном растворе азотной кислоты получать блестящие осадки цинка. Электролит № 2 применяется в стационарных ваннах. Электролит № 3 (малоцианистый) рекомендуется применять для покрытия деталей в колоколах и барабанах.

Применение в ваннах цианистого цинкования реверсированного тока с отношением катодного периода к анодному 10 : 1 позволяет повысить плотность тока при цинковании до 6—10 а/дм². Получаемые при этом цинковые покрытия отличаются хорошим качеством и значительно меньшей водородной хрупкостью, что важно для тонкостенных деталей.

Приготовление и корректирование цианистых электролитов. Эти операции необходимо производить в ваннах с бортовыми отсосами или в вытяжном шкафу.

Для приготовления электролита цианистый натрий и каустическую соду в количествах, соответствующих составу, растворяют в отдельных порциях горячей воды в железных баках. Отстоявшиеся растворы осторожно сливают (декантируют) в отдельную ванну и подогревают до температуры 70—80° С. В подогретый раствор при энергичном перемешивании вводится окись цинка в виде жидкой смеси с водой или густой массы. Вместо окиси цинка можно использовать свежесаженный гидрат окиси цинка, который готовят из сернокислого цинка посредством осаждения каустической содой.

После растворения окиси цинка раствор отстаивается и декантируется в рабочую ванну. Затем вводят сернистый натрий и глицерин. Ванну доливают водой до требуемого уровня, электролит тщательно перемешивают и отбирают пробу для химического анализа. В соответствии с данными анализа электролит корректируют. При необходимости введения окиси цинка последняя растворяется в отдельной порции цианистого натрия или каустической соды в зависимости от содержания этих компонентов в ванне.

В свежеприготовленном электролите производят пробное цинкование стальных листов; если покрытие получается темным, то производится проработка его током в течение нескольких часов до получения светлых покрытий.

Основные неполадки при цинковании в цианистых электролитах и причины, вызывающие эти неполадки, приведены в табл. 35.

Таблица 35

Основные неполадки при цинковании в цианистых электролитах

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Темный цвет цинкового покрытия	Наличие в электролите солей тяжелых металлов (As, Pb, Cu)	Добавить сернистый натрий в количестве 3—4 г/л
Медленное наращивание цинкового покрытия, сопровождаемое газовыделением на катоде	Избыток цианидов в электролите	Добавить в электролит окись цинка до нормального соотношения цинка и цианистого натрия
Образование белой пленки на анодах и снижение концентрации цинка в электролите	Пассивирование анодов	Очистить поверхность анодов стальной щеткой. Увеличить их поверхность. Добавить цианистый натрий
Углубленные участки деталей плохо покрываются цинком	Ухудшение рассеивающей способности по следующим причинам 1. Высокая концентрация цинка	1. Снизить концентрацию цинка, применяя стальные аноды

Продолжение табл. 35

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Углубленные участки деталей плохо покрываются цинком	<ol style="list-style-type: none"> Низкая концентрация цианидов Высокая температура электролита 	<ol style="list-style-type: none"> Добавить цианиды Снизить температуру электролита
Покрытие из электролитов блестящего цинкования плохо осветляется в HNO_3	Попадание в электролит солей, меди, свинца, олова	Добавить в электролит сернистый натрий в количестве 3—4 г/л
Накопление в электролите цинка	Избыток цианидов и едкой щелочи в электролите	Снизить концентрацию NaCN и NaOH
Ухудшение блеска цинкового покрытия из ванны блестящего цинкования	<ol style="list-style-type: none"> Перегрев электролита до температуры выше 40°C Низкая катодная плотность тока 	<ol style="list-style-type: none"> Снизить температуру электролита Повысить катодную плотность тока
Отслаивание (вздутие) покрытия	<ol style="list-style-type: none"> Некачественная подготовка деталей перед покрытием Наличие на поверхности детали дефектов вследствие сильной нагартовки металла при обработке давлением 	<ol style="list-style-type: none"> Улучшить качество травления и обезжиривания Изменить технологию изготовления деталей
Интенсивное выделение водорода; цинковое покрытие не осаждается совсем	<ol style="list-style-type: none"> Загрязнение электролита хромовым ангидридом Большой избыток цианидов 	<ol style="list-style-type: none"> Длительная проработка электролита под током Добавить окись цинка

4. Цинкование в цинканных электролитах

Цинканные электролиты являются до некоторой степени заменителями цианистых и служат для покрытия деталей сложного профиля, так как рассеивающая способность их близка к рассеивающей способности цианистых электролитов. Цинканные электролиты дешевы и имеют простой состав. Электропроводность их очень высока, что позволяет использовать для питания ванны источники с низким (до 6 в) напряжением. Состав цинканных электролитов и режимы цинкования приведены в табл. 36.

Таблица 36

Составы электролитов и режимы цинкования в цинканных ваннах

Компоненты электролитов и режимы цинкования	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Цинк (в пересчете на металл)	г/л	15—17	8—10	3,5—6,8
Едкий натр	»	135—160	10—100	65—80
Олово (в пересчете на металл) в виде четырехвалентных соединений	»	0,2—0,5	0,2—0,5	0,2—0,5
Температура электролита	°С	50	50	50
Катодная плотность тока:				
без перемешивания	а/дм ²	2,0—2,5	1,2	0,7
с перемешиванием	»	3,0—4,0	2,0—2,5	1,5—2,0

Менее концентрированные электролиты рекомендуется применять для покрытия деталей с более сложным рельефом. Добавка к электролиту четырехвалентного олова (ртути или свинца) необходима для образования гладких покрытий, при отсутствии этих добавок образуются губчатые некачественные покрытия.

Приготовление цинканных электролитов. Едкий натр в количестве, необходимом по расчету, растворяют в небольшой порции воды, налитой в ванну, и подогревают до температуры 90—100° С. Затем при непрерывном помешивании вводят окись цинка, растворяют ее и доливают ванну водой до рабочего уровня.

Олово вводится в ванну в виде четыреххлористого олова или станната натрия. При наличии в цехе ванны щелочного лужения можно использовать ее электролит вместо солей олова, производя соответствующий расчет необходимого количества.

Таблица 37

Основные неполадки при цинковании в цинканных электролитах

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Темный губчатый осадок цинка	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкое содержание олова 2. Низкая концентрация цинка 3. Повышенная катодная плотность тока 4. Низкая температура электролита 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить четыреххлористое олово 2. Добавить окись цинка 3. Снизить катодную плотность тока 4. Повысить температуру электролита до 50—55° С
Темные непокрытые участки в виде пятен; неравномерность покрытия	Экранирование деталей ввиду неправильного расположения их на приспособлении	Изменить расположение деталей на подвесках
Отсутствие покрытия по всей поверхности детали	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слишком низкая плотность тока вследствие короткого замыкания на ванне 2. Наличие окислителей в электролите: перекиси водорода, соли азотной кислоты 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устранить короткое замыкание 2. Проработать электролит под током
Пассивирование анодов с выделением на их поверхности кислорода	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаток едкого натра 2. Высокое значение анодной плотности тока (выше 1 а/дм²) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить содержание едкого натра 2. Снизить анодную плотность тока, увеличив поверхность анодов

Приготовленный электролит рекомендуется проработать постоянным током с катодами в виде стальных пластин. Проработку ведут до получения гладких светлых осадков цинка.

Основные неполадки при цинковании в цинкатных электролитах и причины, вызывающие их, представлены в табл. 37.

5. Цинкование в аммиакатном электролите

Аммиакатные электролиты так же, как и цинкатные, применяют вместо цианистых для покрытия деталей с глубоким профилем. В отличие от цинкатных электролитов аммиакатные обладают меньшей электропроводностью, однако они не требуют обогрева ванны и вытяжной вентиляции и более стабильны в работе. Состав электролита и режим электролиза следующие:

Окись цинка	12—15 г/л
Хлористый аммоний	240—260 »
Борная кислота	20—25 »
Клей столярный	1—2 »
Температура электролита	18—30° С
Катодная плотность тока	0,8—1,0 а/дм ²
Выход по току	98—99%

Приготовление аммиакатных электролитов. К концентрированному раствору хлористого аммония, нагретому до 40—60° С, прибавляют при непрерывном помешивании окись цинка или гидрат окиси цинка до полного растворения. Борная кислота растворяется в горячей воде в отдельном сосуде и раствор ее вливается в рабочую ванну. Столярный клей перед введением в электролит заливают на одни сутки холодной водой для набухания, после чего растворяют в теплой воде и добавляют в рабочую ванну.

Основные неполадки при аммиакатном цинковании деталей аналогичны указанным ранее в табл. 32.

6. Пассивирование цинковых покрытий

С целью повышения коррозионной стойкости цинковые покрытия подвергают специальной химической обработке в хроматных растворах. В результате этого на поверхности покрытия образуются цветные пленки различных оттенков. Такая обработка называется пассивированием цинкового покрытия. Пассивирование осуществляют после осветления покрытия в разбавленном растворе азотной кислоты (см. п. 2 этой главы).

Состав растворов для пассивирования цинка и режимы обработки приведены в табл. 38. Качество пассивной пленки определяют по ее внешнему виду. Цвет пленки может изменяться от светло-желтого до розоватого и фиолетового. Коричневый цвет пленки свидетельствует о низком качестве ее защитных свойств.

Таблица 38

Составы растворов для пассивирования цинка и режимы обработки

Компоненты растворов и режимы обработки	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3	Электролит № 4
Двуххромовокислый натрий	г/л	200	—	—	—
Хромовый ангидрид . .	»	—	150	15—25	5—20
Кислота серная (уд. вес 1,84)	мл/л	10	20	—	—
Кислота азотная (уд. вес 1,4)	»	—	20	1,5—4	2—5
Натрий серникоксильный . .	г/л	—	—	5—10	5—20
Температура раствора	°С	15—20	15—20	15—20	15—20
Продолжительность обработки	сек.	5—10	5—10	10	60

7. Кадмирование

Кадмий — сравнительно пластичный металл светло-серого (серебристого) цвета с уд. вес. 8,6, температурой плавления 321° С. Нормальный потенциал кадмия ($-0,40$ в) близок к нормальному потенциалу железа. Поэтому характер коррозионной защиты стальных деталей кадмием сильно зависит от окружающей среды. В отличие от цинка, кадмий нерастворим в щелочах и более стоек в кислотах. В условиях воздействия атмосферы, насыщенной морскими испарениями и солевыми туманами, кадмиевое покрытие защищает от коррозии лучше, чем цинковое. В атмосфере, загрязненной сернистым газом, покрытие кадмием не стойко.

Толщина кадмиевого покрытия определяется условиями эксплуатации:

1) для деталей общего назначения (по ГОСТ 3002—58) и легких условий эксплуатации — 5 мк, средних условий эксплуатации — 15 мк, жестких условий — 30 мк;

2) для деталей специальной аппаратуры, подвергающихся воздействию морской или горячей воды, циркулирующей в закрытой системе, — 40—50 мк;

3) для резьбовых деталей и деталей, имеющих плотные соединения, — 7—15 мк.

Кадмирование деталей осуществляется в кислых, цианистых и аммикатных электролитах.

Данные о толщине слоя кадмия, отложившегося за 1 час при различных величинах плотности тока и выхода по току, представлены в табл. 39.

Таблица 39

Скорость осаждения кадмия из кислых и цианистых электролитов

Катодная плотность тока в a/dm^2	Выход по току в %					
	75	80	85	90	95	100
0,5	9,1	9,7	10,3	10,9	11,5	12,1
1,0	18,2	19,4	20,6	21,8	23,1	24,2
2,0	36,4	38,7	21,1	43,6	46,2	48,4
3,0	54,6	58,3	62,0	65,4	69,3	72,6
4,0	72,8	77,6	82,5	87,2	92,4	98,8
5,0	91	97	103	109	115	121
6,0	109,2	116,6	124	130,8	138,6	145,2
7,0	127,4	136	144,6	152,6	161,7	169,4
8,0	145,6	155,2	165	174,4	184,8	197,6
9,0	163,8	175	186	196	198	218
10,0	182	194	206	218	231	242

8. Кадмирование в кислых электролитах

Кислые электролиты кадмирования применяются для покрытия деталей несложной формы. В табл. 40 приведены составы наиболее распространенных электролитов.

Электролит № 1 является наиболее распространенным в практике гальванических цехов. Электролит № 2 с повышенной концентрацией сернокислого кадмия применяется на конвейерных установках для покрытия проволоки при высоких плотностях тока. Электролит № 3 характеризуется лучшей рассеивающей способностью и допускает применение относительно высокой катодной плотности тока.

Методика приготовления кислых электролитов кадмирования состоит в раздельном растворении компонентов в небольших порциях воды и после отстаивания — в смешении этих растворов в общей ванне. При отсутствии борфтористоводородного кадмия его можно приготовить на месте растворением окиси кадмия в борфтористоводородной кислоте, которую получают, прибавляя небольшими порциями при помешивании борную кислоту к плавиковой. При этом на каждые 200 г технической (40-процентной) плавиковой кислоты берут 60 г борной кислоты. Для удаления вредных примесей электролит прорабатывают постоянным током при плотности тока 0,5—0,8 a/dm^2 в течение 9—10 час.

Неполадки в работе кислых кадмиевых электролитов приведены в табл. 41. В таблицу не включены общие для гальванических покрытий дефекты, как, например, подгар, отслаивание, шероховатость и т. п.

Таблица 40

Составы электролитов и режимы при кадмировании в кислом электролите

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Кадмий сернистый . . .	г/л	50—65	350—380	—
Кадмий борфтористоводородный	»	—	—	140
Аммоний сернистый . .	»	30—35	—	—
Алюминий сернистый . .	»	25—30	—	—
Кислота борная	»	—	10—20	—
Кислота борфтористоводородная	»	—	—	35—40
Клей столярный	»	0,5—0,7	1	1—2
Кислотность (рН)		3,5—5,5	—	—
Температура	°С	15—25	35—40	20—50
Катодная плотность тока:				
без перемешивания . . .	а/дм ²	0,5—1,0	—	3—8
с перемешиванием . . .	»	1,0—2,0	30—150	5—12
Выход по току	%	97—98	95	96—98

9. Кадмирование в цианистом электролите

Цианистые электролиты кадмирования имеют большее применение, чем кислые, так как цианистые электролиты обеспечивают получение более мелкозернистых и равномерных по толщине осадков кадмия.

Составы цианистых кадмиевых электролитов и режимы электролиза представлены в табл. 42.

Электролит № 1 обеспечивает получение гладких покрытий, которые после осветления приобретают блестящий вид.

Осветление покрытия производится погружением кадмированных деталей на 5—10 сек. в раствор следующего состава:

Хромовый ангидрид	150 г/л
Кислота серная	4 »

Электролит № 2 применяется для получения матовых кадмиевых покрытий.

Таблица 41

Основные неполадки при кадмировании в кислых электролитах

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы их устранения
Блестящие полосы на покрытии	Присутствие в электролите солей никеля и кобальта	Проработать электролит при плотности тока 0,3—0,8 a/dm^2 в течение 9—10 час.
Губчатое и темное покрытие	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенное значение рН 2. Наличие в электролите вредных примесей меди, сурьмы и т. п. 3. Повышенная плотность тока 4. Недостаток клея 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подкислить электролит до рН=3,5—5,0 2. Проработать электролит при плотности тока 0,2—0,5 a/dm^2 до получения светлых покрытий 3. Снизить плотность тока 4. Добавить клей

Таблица 42

Составы электролитов и режимы при кадмировании в цианистых электролитах

Компоненты электролитов и режимы кадмирования	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2
Кадмий (в пересчете на металл)	г/л	36	45
Натрий цианистый (общий)	»	120—150	90—120
Натрий серноокислый	»	50	50
Никель серноокислый	»	1,0—1,5	1,0—1,5
Едкий натр	»	15—20	—
Сульфированное касторовое масло или сульфитный щелок	»	8—10	—
Температура электролита	°С	18—40	18—50
Катодная плотность тока	a/dm^2	1—2	1,5—2,5
Выход по току	%	95	90—95

Приготовление цианистых кадмиевых электролитов. В отдельной небольшой порции горячей воды растворяют цианистый натрий. Работы по растворению цианистого натрия и приготовлению электролита производят при надежной вентиляции (см. гл. XIV). После отстаивания и декантирования раствора при помешивании вводят окись кадмия или свежеосажденный гидрат окиси кадмия. Полученный раствор с помощью сифона переливают в рабочую ванну, куда затем через фильтр вводят растворенные в отдельных порциях воды, остальные компоненты. Сульфированное касторовое масло обычно готовится в цехе по следующей методике [7]: на четыре весовые части касторового масла берут одну весовую часть концентрированной серной кислоты (уд. вес 1,84); серная кислота малыми дозами при непрерывном помешивании приливается к касторовому маслу. Окончание процесса определяют по прекращению газовыделения. После десятичасовой выдержки смесь отстаивается, верхний слой раствора сливается, а оставшееся сульфированное масло нейтрализуется раствором каустической соды и вводится в электролит.

Основные неполадки в работе цианистых кадмиевых электролитов приведены в табл. 43.

Таблица 43

Основные неполадки цианистых электролитов кадмирования

Характер дефектов	Причины неполадок	Способы их устранения
Темные осадки на катоде	Примеси солей олова, меди, сурьмы	Проработать электролит при плотности тока 0,2—0,5 a/dm^2 до получения светлых осадков
Темные осадки на катоде и потемнение анодов	Недостаток цианидов и едкой щелочи	Добавить в электролит цианистый натрий и едкий натр
Хрупкие осадки при значительном газовыделении на катоде	1. Наличие органических примесей 2. Избыток цианида 3. Недостаток кадмия в электролите	1. Проработать электролит при плотности тока 0,5—1,0 a/dm^2 2. Добавить окись кадмия 3. То же

Продолжение табл. 43

Характер дефектов	Причины неполадок	Способы устранения
Вздутия и пузыри на покрытии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Избыток цианида 2. Недостаток кадмия в электролите 3. Велика плотность тока 4. Низка температура электролита 5. Плохая подготовка поверхности перед покрытием 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить окись кадмия 2. То же 3. Снизить плотность тока 4. Подогреть электролит до рабочей температуры 5. Улучшить качество травления и обезжиривания
Шероховатость покрытия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие механических примесей в электролите 2. Повышенная плотность тока 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отфильтровать электролит через стеклоткань 2. Снизить плотность тока
Матовое покрытие	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаток блескообразующей добавки 2. Недостаток едкого натра 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить блескообразователь 2. Увеличить содержание едкого натра
Пассивирование анодов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Велика анодная плотность тока 2. Недостаток цианидов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить анодную плотность тока, увеличив поверхность анодов 2. Добавить цианиды

Кадмирование в аммиачном электролите. Аммиачные электролиты кадмирования по рассеивающей способности занимают промежуточное положение между кислыми и цианистыми. Применяются аммиачные электролиты в качестве заменителей цианистых для покрытия относительно несложных по профилю деталей. Состав кадмиевого электролита и режим работы следующие:

Окись кадмия	30 г/л
Сернистый аммоний	300 »
Борная кислота	20 »
Клей столярный или декстрин	2 »
Температура электролита	30—50° С
Катодная плотность тока	0,7—1,1 а/дм ²

Приготовление кадмиевого аммиачного электролита аналогично приготовлению цинковых аммиачных электролитов.

Пассивирование кадмиевых покрытий. С целью повышения коррозионной стойкости детали после кадмирования обрабатывают в пассивирующем растворе следующего состава и режима работы:

Хромовый ангидрид	150 г/л
Кислота серная	4 »
Температура раствора	15—20° С
Продолжительность обработки	10—15 сек.

10. Контроль цинковых и кадмиевых покрытий

Качество цинковых и кадмиевых покрытий определяют путем внешнего осмотра с целью выявления таких дефектов, как отслаивание, хрупкость, шероховатость, повреждение покрытия. Толщина покрытия определяется химическими или физическими методами, описанными в гл. XIV.

Снятие дефектных цинковых покрытий осуществляется погружением оцинкованных деталей в 5—10-процентный раствор серной или соляной кислоты с последующим удалением черного налета крацеванием. Дефектные кадмиевые покрытия удаляются погружением деталей в 15—20-процентный раствор азотнокислого аммония.

11. Лужение

Олово — металл светло-серого (серебристого) цвета с уд. весом 7,3 и температурой плавления 232° С. Олово обладает значительной пластичностью и химической стойкостью, не окисляется под действием влажного воздуха, но разрушается в щелочах и кислотах.

Нормальный потенциал олова по отношению к его двухвалентным ионам равен $-0,14$ в, т. е. положительнее нормального потенциала железа. Поэтому по отношению к железу олово является катодным покрытием и защищает его от коррозии механически, для чего покрытие оловом должно быть беспористым. Надежную электрохимическую защиту от коррозии оловянные покрытия обеспечивают медным деталям.

Продукты коррозии олова безвредны для человеческого организма, поэтому олово широко применяется для защиты консервной тары, посуды и других изделий. Олово хорошо поддается пайке, поэтому лужение и осаждение сплавов на основе олова применяют для деталей различных приборов и радиоаппаратуры.

Толщина слоя оловянного покрытия определяется назначением изделий и рекомендуется в следующих пределах:

- 1) покрытие жести — 1,5—2,5 мк;
 - 2) изделия для хранения и приготовления пищевых продуктов — 10—25 мк;
 - 3) детали радиоаппаратуры, подвергающиеся пайке, — 10—15 мк;
 - 4) защита кабеля от действия серы, находящейся в изоляционном слое резины, — 5 мк;
 - 5) герметизация резьбовых соединений — 10—20 мк;
 - 6) местная защита стали при азотировании — 10 мк.
- Лужение деталей осуществляется в кислых и щелочных электролитах.

12. Лужение в кислых электролитах

Кислые электролиты обладают достаточно хорошей рассеивающей способностью и устойчивы в эксплуатации. Благодаря более высокому выходу по току, чем в щелочных электролитах, и возможности выделения олова из двухвалентных его соединений скорость осаждения его в кислых электролитах более высокая, чем в щелочных.

В табл. 44 представлены данные расчета толщины слоя олова в зависимости от заданной плотности тока и выхода по току.

Таблица 44

Скорость осаждения олова из кислых электролитов в мк/час

Плотность тока в $а/дм^2$	Выход по току в %					
	90	91	92	93	94	95
0,5	13,5	13,8	14,0	14,1	14,3	14,4
1,0	27,0	27,6	28,3	28,6	28,9	29,2
2,0	54,0	55,2	55,7	56,2	56,9	57,5
3,0	81,0	82,8	83,1	84,0	85,0	85,9
4,0	108,0	110,4	111,5	113,0	114,1	115,1
5,0	135,1	138,0	139,0	140,5	142,5	143,7

Условия электролиза в кислых электролитах представлены в табл. 45.

Электролит № 1 является наиболее распространенным среди сернокислых электролитов. Электролит № 2 отличается более высокой рассеивающей способностью, но из-за сложного состава применяется в особых случаях для лужения деталей сложной формы.

Приготовление сернокислого электролита. При наличии сернокислого олова электролит готовят непосредственно растворением соли в отдельной порции воды, подкисленной серной кислотой. Раствор сернокислого олова

Состав электролитов и режимы лужения в кислых электролитах

Компоненты электролитов и режимы лужения	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2
Сернокислое олово	г/л	40—50	—
Двуххлористое олово	»	—	40—45
Серная кислота	»	50—80	—
Соляная кислота	»	—	0,5—1,0
Фенол или крезол	»	2—10	—
Фтористый натрий	»	—	50—60
Хлористый натрий	»	—	5—7
Клей столярный	»	2—3	—
Желатина	»	—	1—2
Температура электролита	°С	15—25	20—25
Катодная плотность тока:			
без перемешивания	а/дм ²	1,5—2	0,5—1,0
с перемешиванием	»	3—4	2—3
Выход по току	%	90—95	95—98

сливают через фильтр в рабочую ванну, добавляют остальную часть серной кислоты, доливают ванну водой до уровня и вводят фенол и клей. Клей предварительно замачивают водой до набухания и растворяют в горячей воде.

В гальванических цехах распространен также химический способ приготовления электролита из медного купороса. Медный купорос из расчета 60 г/л растворяют в горячей воде. После добавления к раствору серной кислоты в количестве 50 г/л, нагревания его до температуры 70—80° С в раствор постепенно вводят при интенсивном помешивании гранулированное и порошкообразное олово в количестве 35—40 г/л. При этом олово переходит в раствор, а медь выпадает в осадок. Для приготовления порошкообразного олова необходимо расплавленное олово растереть во время его остывания с помощью жесткой ткани (брезент), на которую льют расплавленное олово небольшими порциями.

Приготовление хлористого электролита. Двуххлористое олово растворяют в теплой воде, подкисленной соляной кислотой. В отдельной и возможно большей порции горячей воды, также подкисленной соляной кислотой, растворяют фтористый натрий. Раствор фтористого натрия вместе с нерастворившейся его частью вводится в ванну с раствором двуххлористого олова. Способ введения столярного клея в электролит см. в п. 5 этой главы.

Основные неполадки, встречающиеся при лужении в кислых электролитах, представлены в табл. 46. Устранение этих неполадок производится корректированием электролита в соответствии с его химическим составом. Удаление вредных примесей меди и следов азотной кислоты осуществляется проработкой электролита постоянным током при плотности $3,0-4,0 \text{ а/дм}^2$, до получения светлых осадков олова.

Таблица 46

Основные неполадки при лужении в кислых электролитах

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Темные покрытия	Наличие меди в электролите	Проработать электролит током или добавить порошкообразное олово, после чего электролит отфильтровать
Осадки олова грубые, по краям наблюдается образование наростов	1. Недостаток в электролите фенола, клея, желатины 2. Велика плотность тока	1. Добавить клей и фенол 2. Снизить плотность тока
Шероховатость осадков	Загрязнение электролита механическими примесями	Отфильтровать электролит
Неоднородная структура осадка по поверхности деталей	Расслоение электролита	Перемешать электролит

13. Лужение в щелочных электролитах

Щелочные электролиты лужения в отличие от кислых обладают высокой рассеивающей способностью и поэтому применяются для покрытия деталей со сложным рельефом, а также в тех случаях, когда детали рационально облуживать в корзиночных (сеточных) приспособлениях.

Скорость осаждения олова (табл. 47) в щелочных электролитах значительно ниже, чем в кислых вследствие того, что олово в электролите находится в виде четырехвалентных соединений (станната) и выход по току ниже.

Таблица 47

Скорость осаждения олова из щелочных электролитов в мг/час

Плотность тока в а/дм^2	Выход по току в %				
	65	70	75	80	85
0,5	4,9	5,3	5,7	6,0	6,4
1,0	9,8	10,6	11,3	12,0	12,8
2,0	19,6	21,2	22,7	24,2	25,7
3,0	29,6	31,8	34,0	36,2	38,6
4,0	39,2	42,4	45,4	48,4	51,4

Условия осаждения олова в щелочных электролитах приведены в табл. 48.

Таблица 48

Состав электролитов и режимы лужения в щелочных ваннах

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Олово (в виде станната) в пересчете на металл	г/л	25—30	40—50	75—80
Едкий натр (свободный)	»	40	10—15	—
Едкое кали (свободное) . .	»	—	—	25
Уксуснокислый натрий . .	»	15—30	—	—
Температура электролита .	$^{\circ}\text{C}$	60—70	65—70	90
Катодная плотность тока . .	а/дм^2	0,5—1,0	2—3	6—10
Выход по току	%	65	70—80	80

Электролит № 1 наиболее простой по составу и легче готовится в цеховых условиях. Электролит № 2 допускает применение более высоких плотностей тока. Электролит № 3, имеющий повышенную концентрацию олова, может быть использован с целью значительной интенсификации процесса лужения.

Приготовление электролита из хлористых солей олова. В небольших количествах теплой воды отдельно растворяют четыреххлористое олово и едкий натр (сода каустическая). Количество едкого натра согласно, например, рецептуре электролита № 2 берется из расчета 95 г едкого натра на 120 г пятиводного четыреххлористого олова или 90 г безводного.

Растворение безводного четыреххлористого олова производят малыми порциями, соблюдая осторожность, так как процесс протекает с большим выделением тепла. Оба раствора соединяют при энергичном перемешивании; затем вводят уксуснокислый натрий и доливают ванну водой до установленного уровня.

Если исходным материалом служит двуххлористое олово, то для приготовления электролита, например № 1, поступают следующим образом: в одной порции горячей воды растворяют двуххлористое олово (из расчета 40 г на 1 л электролита), в другой — едкий натр (из расчета 70 г на 1 л электролита).

В теплый раствор двуххлористого олова вводят раствор едкого натра и затем окисляют образовавшийся станнит олова в станнат действием 10-процентной перекиси водорода, добавляя ее до тех пор, пока не будут получаться нормальные по качеству осадки олова на катоде.

При этом необходимо непрерывно прорабатывать электролит с частично запассивированными анодами.

Электрохимический способ приготовления щелочного электролита лужения. Образование в электролите станната олова может быть достигнуто путем растворения оловянных анодов при анодной плотности тока 1—2 a/dm^2 . Катодами служат стальные никелированные полосы, заключенные в пористый керамический сосуд (диафрагму). Электролитом служит раствор едкого натра (40—45 г/л), подогретый до температуры 60—70° С. Накопление станната производится непосредственно в рабочей ванне, заполненной до требуемого уровня. Для накопления в растворе требуемого количества олова (40 г/л) необходимо пропустить 50 а·ч электричества на каждый литр электролита. Для окисления двухвалентного олова в четырехвалентное производится дальнейшая проработка электролита током при анодной плотности 4—5 a/dm^2 ; при этом аноды частично пассивируются и на их поверхности образуется золотисто-желтая пленка. Проработка током ведется до получения качественных осадков олова. Электрохимический способ, несмотря на его длительность, прост в осуществлении и при чистоте материала анодов обеспечивает высокую чистоту электролита.

Неполадки, имеющие место при щелочном лужении, представлены в табл. 49.

Для обеспечения нормальной работы ванны необходимо поддерживать анодную плотность тока 2—3 a/dm^2 и следить за состоянием анодов в процессе электролиза, добиваясь получения на них желтоватой пленки, так как при этом олово, растворяясь, переходит в четырехвалентное.

Практически пассивирование анодов до образования золотистой пленки осуществляется за счет уменьшения анодной поверхности путем извлечения части анодов; в этом случае на оставшихся анодах создается повышенная плотность тока и они частично пассивируются. Почернение анодов указывает на чрезмерно высокую плотность тока.

Покр ы т и е к р и с т а л л и т — декоративное покрытие, способ получения которого заключается в оплавлении при температуре 280—350° С и охлаждении деталей, ранее облуженных в кислых электролитах. После охлаждения производится повторное лужение тонким слоем в том же электролите. При этом происходит выявление границ зерен первого оплавленного слоя олова. Тонкий слой олова, выявивший структуру подслоя, придает поверхности узорчатый вид. Последующая лакировка повышает декоративные и защитные качества покрытия. Толщина первого слоя

Таблица 49

Основные неполадки при щелочном лужении

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Темные губчатые осадки, интенсивное газовыделение на катоде	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая плотность тока 2. Большое содержание щелочи 3. Наличие двухвалентного олова 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить плотность тока 2. Добавить четыреххлористое олово 3. Добавить перекись водорода
Потемнение анодов	Высокая анодная плотность тока	Снизить анодную плотность тока, увеличив поверхность анодов
Помутнение раствора и выпадение осадка на дно ванны. На анодах белый налет	Недостаток щелочи в электролите	Добавить едкий натр
Малый выход по току при интенсивном газовыделении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаток олова 2. Избыток щелочи 	Повысить содержание олова
Образование рыхлых и пористых осадков	Присутствие в электролите небольшого количества двухвалентного олова	Добавить перекись водорода до получения светлых осадков

олова не должна превышать 3—5 мк, так как применение более толстых покрытий приводит к каплеобразованию при оплавлении.

Осаждение первого слоя олова производится при плотности тока 4—5 а/дм², а второго — при 0,2—0,3 а/дм². Продолжительность повторного лужения 5—10 мин. Изменяя режимы охлаждения деталей, можно получать узоры различной формы и величины.

14. Свинцевание

Свинец — мягкий и пластичный металл темно-серого цвета с уд. вес. 11,34 и температурой плавления 327° С.

Свинец — химически стойкий металл, не растворяющийся в серной кислоте, а также в слабой соляной кислоте. Свинцовые покрытия применяются главным образом для защиты изделий от воздействия сернокислых растворов, а также для защиты от действия рентгеновых лучей. Толщина слоя электролитического свинца, применяемая на практике, лежит в пределах 50—2000 мк.

Таблица 50

Скорость осаждения свинца из кислых и щелочных электролитов в мк/час

Плотность тока в а/дм ²	Выход по току в %					
	90	91	92	93	94	95
0,5	15,4	15,5	15,7	15,8	16,0	16,2
1,0	30,8	31,1	31,5	31,8	32,1	32,5
2,0	61,6	62,2	63,0	63,6	64,2	65,0
3,0	92,4	93,3	94,5	95,4	96,3	97,5
4,0	123,2	124,4	126,0	127,2	128,4	130,0
5,0	154,0	155,5	157,5	159	160,5	162,5

В табл. 50 представлены данные расчета толщины слоя свинца, отложившегося за 1 час в зависимости от плотности тока и выхода по току. Условия электролиза при осаждении свинца следующие:

Борфтористоводородный электролит

Борфтористоводородный свинец	180—200 г/л
Борфтористоводородная кислота (свободная)	40—45 »
Клей столярный	1,0 »
Температура электролита	15—25° С
Катодная плотность тока	до 2 а/дм ²
Выход по току	90%

Кремнефтористоводородный электролит

Кремнефтористоводородный свинец	80—150 г/л
Кремнефтористоводородная кислота	20—35 »
Борная кислота	5—6 »
Клей столярный	0,5—1,0 »
Температура электролита	15—25° С
Катодная плотность тока	1—2 а/дм ²
Выход по току	95%

Щелочный электролит

Свинец уксуснокислый	75 г/л
Нагр едкий	200 »
Сегнетова соль	50 »
Канифоль	6 »
Температура электролита	60—70° С
Катодная плотность тока	0,5—1,5 а/дм ²
Выход по току	95—100%

Приготовление электролитов. Борфтористоводородный и кремнефтористоводородный свинец готовят растворением окиси свинца или

Таблица 51

Неполадки при свинцевании в кислых электролитах

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Крупнокристаллический осадок по всей поверхности	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаток клея 2. Высокая температура 3. Пониженное содержание свободной кислоты 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить клей 2. Снизить температуру электролита 3. Добавить борфтористоводородную кислоту
Образование шлама из фтористого свинца	Недостаточное количество борной кислоты при составлении электролита	Добавить в электролит борную кислоту по данным анализа
Плохое сцепление покрытия с изделием	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наводороживание металла в процессе травления и обезжиривания 2. Недостаточная подготовка поверхности металла 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заменить химическое травление пескоструйной обработкой 2. Улучшить качество подготовки (обезжиривание, декапирование)
Наросты на краях деталей, значительное газовыделение на катоде	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая катодная плотность тока 2. Избыток свободной кислоты 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить катодную плотность тока 2. Добавить окись свинца

углекислого свинца в соответствующей кислоте. Количество окиси свинца или его соли определяют расчетом в соответствии с составом электролита. Борфтористоводородная кислота обычно готовится непосредственно в рабочей ванне. При этом для получения 180 г борфтористоводородного свинца берут 300 г 40-процентной плавиковой кислоты и 106 г борной кислоты, которую вводят в плавиковую кислоту небольшими порциями при непрерывном помешивании. Для приготовления кремнефтористоводородного свинца можно использовать 40-процентный раствор кремнефтористоводородной кислоты, поступающей в продажу в соответствии с ВТУ РУ 921—53.

Основные неполадки при свинцевании приведены в табл. 51.

15. Электролиты для осаждения сплавов свинца с оловом (ПОС)

Покрyтия оловянно-свинцовыми сплавами с различным содержанием олова (18, 30, 40 и 60%) применяются главным образом в радиотехнической промышленности, так как покрытие чистым оловом после длительного нахождения на воздухе ухудшает свою способность к пайке. Гальваническое осаждение сплавов применяют также вместо горячего облуживания.

Наибольшее распространение получили электролиты борфтористоводородные, состав которых и режимы покрытия приведены в табл. 52. Процентное содержание олова в покрытии определяет вид покрытия. Например, в сплаве ПОС-40 содержится 40% олова.

Таблица 52

Состав электролитов и режимы электролиза при осаждении оловянно-свинцового сплава

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	ПОС-15	ПОС-30	ПОС-40	ПОС-60
Свинец (в пересчете на металл)	г/л	80	55—58	44	35
Олово (в пересчете на металл)	»	15	30	40	50
Борфтористоводородная кислота (свободная)	»	40—42	40—42	40—42	40—42
Борная кислота (свободная)	»	25—28	25—28	25—28	25—28
Клей столярный	»	1,0	1,5—20	2—3	4
Температура электролита . .	°С	18—25	18—25	18—25	18—25
Катодная плотность тока . .	а/дм ²	1—1,2	1—1,2	1—1,2	1—1,2

При осаждении сплавов применяются аноды, имеющие химический состав, соответствующий покрытию. При использовании анодов из свинца и олова рекомендуется подавать на них ток отдельно, пропорционально составу осаждаемого сплава. Например, при осаждении сплава ПОС-40 40% силы тока должно приходиться на оловянные аноды, а 60% — на свинцовые.

При расчете продолжительности процесса следует учитывать, что за 1 мин. осаждается 0,5 мк покрытия.

Приготовление электролита. В соответствии с составом электролита готовится борфтористоводородная кислота, общее количество которой распределяется между свободной кислотой и связанной (в виде борфтористоводородного свинца и олова).

Методика приготовления борфтористоводородной кислоты описана на стр. 123. Свинец в борфтористоводородную кислоту вводят в виде окиси свинца (глета) или углекислого свинца, подобно тому как это делается при составлении электролита для свинцевания. Олово вводят анодным растворением, для чего в электролит завешивают оловянные аноды, а катод в виде латунной пластинки заключают в пористый керамический сосуд (диафрагму). В сосуд заливают концентрированный раствор борфтористоводородной меди и включают ток. В процессе электролиза оловянные аноды растворяются, а на катоде осаждается медь. После обесцвечивания раствора борфтористоводородной меди его заменяют свежим. Процесс насыщения электролита оловом контролируют химическим анализом раствора и анализом состава сплава на образцах, завешиваемых в ванну рядом с диафрагмой.

Медный электролит в диафрагме применяют для того, чтобы исключить осаждение на катоде свинца и олова.

Контроль качества оловянных и свинцовых покрытий. Качество оловянных и свинцовых покрытий определяется внешним осмотром изделий; на покрытиях не допускается отслаивание, наличие непокрытых мест, шероховатость и губчатые рыхлые осадки. Толщина и пористость покрытий определяется по методам, изложенным в гл. XIV.

Удаление дефектных оловянных покрытий осуществляется путем анодного растворения в щелочных электролитах или химическим способом — погружением луженых деталей в раствор следующего состава:

Соляная кислота (уд. вес 1,17)	1 л
Окись сурьмы	12 г
Вода	125 мл

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер В. И. и Кудрявцев Н. Т., Основы гальваностегии, т. 1, Metallurgizdat, 1953.
2. Кудрявцев Н. Т., Электролитическое цинкование, Metallurgizdat, 1944.
3. Ильин В. А., Библиотечка гальванотехника, вып. 3. Цинкование и кадмирование, Mashgiz, 1961.
4. Виткин А. И., Производство белой жести, ГНТИ черной и цветной металлургии, 1959.
5. Эйчис А. Н., Кристаллит, Гостехиздат, 1951.
6. Вячеславов П. М., Библиотечка гальванотехника, вып. 7, Гальванические покрытия сплавами, Mashgiz, 1961.
7. Ильин В. А., Библиотечка гальванотехника, вып. 4, Лужение и свинцевание, Mashgiz, 1961.

Г Л А В А VII

ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

1. Свойства меди и применение медных покрытий

Медь — пластичный и легко полируемый металл с уд. весом 8,9 и температурой плавления 1084° С. Теплопроводность и электропроводность меди в 6—7 раз выше, чем железа и в 1,5 раза больше, чем у алюминия, поэтому медь используется для изготовления токоподводящих шин, подвесок, катодных и анодных штанг для гальванических ванн.

Гальванически осажденная медь имеет красивый розовый цвет. В атмосферных условиях благодаря действию влаги, углекислоты, воздуха и сернистого газа поверхность ее покрывается окислами и сернистыми соединениями и темнеет. Медь интенсивно растворяется в азотной и хромовой кислотах, слабее в серной и почти не реагирует с соляной.

Нормальный потенциал меди $+0,34$ в. Поэтому, образуя с железом гальваническую пару, медь, как металл более электроположительный, является катодом и защищает железо от коррозии только механически. Вследствие этого медь может обеспечить защиту стальных деталей от коррозии лишь при условии сплошности и беспористости покрытия.

Тем не менее, благодаря своей пластичности и свойству легко полироваться медь широко применяется для многослойных защитно-декоративных покрытий типа «медь—никель—хром» в качестве подслоя. Такие многослойные покрытия менее пористы, чем однослойные, а применение в них подслоя меди существенно снижает удельный расход никеля. В табл. 53 в соответствии с ГОСТ 3002—58 приведены толщины никелевого покрытия с подслоем и без подслоя меди.

Таблица 53

Толщина никелевых и многослойных (медь—никель—хром) покрытий на стали

Условия работы	Условные обозначения групп покрытий	Толщина покрытий в мк				хромового
		минимальные			средние	
		никелевого без подслоя	многослойных: медь—никель или никель—медь—никель			
			суммарная	верхнего слоя никеля		
Легкие	Л	10	10	5	0,5	
Средние	С	30	30	10	0,5	
Жесткие	Ж	—	45	15	0,5	

Как самостоятельное покрытие медь применяется в целях местной защиты стальных деталей при термодиффузионных процессах: для защиты от цементации, электролитического борирования и в некоторых других процессах. Электролитические осадки меди большой толщины применяются в гальванопластике при изготовлении матриц для патефонных пластинок, бесшовных трубок сложного сечения, медных сеток, скульптурных украшений и прочих изделий.

Осаждение меди осуществляется из цианистых, кислых и других электролитов.

2. Цианистые электролиты

Цианистые электролиты отличаются высокой рассеивающей способностью и позволяют получать осадки меди с мелкокристаллической структурой.

Скорость осаждения меди из цианистых электролитов почти вдвое больше, чем из кислых. Осадки меди, полученные в цианистых электролитах, в отличие от кислых имеют хорошее сцепление с железной основой детали. Поэтому из цианистых электролитов возможно непосредственное осаждение меди на сталь.

При наличии цианистой меди составление электролита несложно и заключается в постепенном введении цианистой меди в подогретый концентрированный раствор цианистого натрия при перемешивании. К раствору образовавшейся комплексной соли добавляют отдельно приготовленные растворы прочих компонентов. Затем электролит разбавляют водой до рабочего уровня ванны и приступают к его эксплуатации без предварительной проработки.

В случае отсутствия готовой цианистой меди готовят комплексную цианистую соль меди из основной углекислой меди или из соли Шевреля.

Для получения комплексной цианистой соли из основной углекислой соли меди в воде растворяют рассчитанное количество медного купороса, раствор нагревают до 40—50° С и приливают к нему подогретый концентрированный раствор кальцинированной соды до обесцвечивания раствора. Выпавший зеленоватый осадок основной углекислой соли меди отделяют декантированием, промывают водой, обрабатывают раствором сульфата натрия для перевода меди из двухвалентной в одновалентную и снова промывают водой. Полученный осадок переносят в ванну с раствором цианистого натрия, растворяют его и добавляют воды до рабочего уровня ванны. Электролит анализируют, корректируют по концентрации свободного цианистого натрия и приступают к эксплуатации.

Составление электролита на основе соли Шевреля производят путем обработки горячего раствора медного купороса подогретым раствором сульфата натрия. Количество солей при этом в обоих растворах берется по расчету.

Раствор сульфата при помешивании приливают к раствору медного купороса до его обесцвечивания. При этом выпадает кирпично-красный осадок соли Шевреля. Раствор после отстаивания декантируют, а осадок несколько раз промывают водой и растворяют в растворе цианистого натрия с концентрацией 200—300 г/л.

Раствор цианистого натрия необходимо слегка подщелачивать содой для связывания выделяющегося при реакции дициана. Полученный раствор комплексной цианистой соли разбавляют до рабочего уровня ванны, как это указано выше, завешивают аноды и приступают к работе.

Ниже приводится общепринятый и простой состав электролита и режим его эксплуатации:

Комплексная цианистая соль меди	40—50 г/л
Цианистый натрий (свободный)	10—20 »
Температура электролита	15—25° С
Плотность тока	0,5—1 а/дм ²
Выход по току	60—70%

Корректирование этого электролита состоит главным образом в систематическом поддержании концентрации свободного цианистого натрия в указанных пределах.

Для предупреждения пассивирования анодов в состав электролита рекомендуется ввести добавку сегнетовой соли в количестве 20—30 г/л. При этом практически не происходит накопления карбонатов в электролите. Основные неполадки при меднении в цианистых электролитах приведены в табл. 54.

Таблица 54

Основные неполадки цианистых электролитов меднения

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Сильное выделение водорода на деталях и медленное осаждение меди или отсутствие осаждения. Аноды блестящие	Большой избыток свободного цианистого натрия. Мала концентрация солей меди	Определить анализом содержание свободного цианистого натрия и добавить медных солей
На анодах белый налет; электролит у анодов имеет голубой цвет	1. Недостаток свободного цианистого натрия 2. Недостаточна площадь анодов	1. Довести содержание свободного цианистого натрия до 10—15 г/л 2. Зачистить аноды и добавить новые
На анодах коричневатый или голубой налет	Недостаточное количество анодов в ванне	Зачистить аноды и добавить новые
Быстрое снижение содержания солей меди в электролите	1. Отсутствие свободного цианистого натрия 2. Пассивирование анодов	1. Довести содержание свободного цианистого натрия до 10—15 г/л 2. Добавить анодов или заменить их новыми

Продолжение табл. 54

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Темно-красный цвет медного слоя	Высокая катодная плотность тока	Снизить плотность тока на катоде
Высокая пористость и шероховатость медного слоя	Загрязнение электролита взвешенными примесями или анодным шламом	Очистить электролит декантированием или фильтрованием
Высокая пористость медного слоя. Аноды и стенки ванны на уровне электролита покрыты белым рыхлым налетом	Накопление в электролите карбонатов более 100 г/л вследствие усиленного разложения цианистых солей	Выпарить электролит до половины объема, охладить до 5—10°С и декантировать. Осадок соды удалить, прибавив к нему железный купорос

Обезвреживание пролитых или выработанных цианистых растворов производят подщелоченным раствором железного купороса. При этом наблюдается характерное окрашивание растворов в красный цвет за счет образования синеродистых солей железа.

Толщина слоя меди, осаждаемая за 1 час, определяется по данным табл. 55, рассчитанным для различных величин плотности тока и выхода по току.

Таблица 55

Скорость осаждения меди из цианистых электролитов в мк/час

Плотность тока в а/дм ²	Выход по току в %						
	40	50	60	70	80	90	100
0,5	5,3	6,6	7,9	9,3	10,7	12,0	13,2
1,0	10,7	13,2	15,9	18,6	21,3	24,0	26,6
2,0	21,4	26,4	31,9	37,2	42,6	48,0	53,2
3,0	32,1	39,6	47,9	56,0	63,9	72,0	80,0
4,0	42,8	52,8	63,8	74,4	85,2	96,0	106,6
5,0	53,5	66,0	79,0	93,0	107,0	120,0	132,0

Ускорения процесса меднения и получения гладких беспористых покрытий достигают путем применения реверсирования постоянного тока на шинах ванны. При этом изменение направления тока осуществляется со следующими периодами: катодный процесс — 10 сек. и анодный — 1 сек.

Для получения блестящих покрытий непосредственно из ванны меднения разработан следующий состав электролита и режим электролиза:

Цианистая комплексная соль меди	120—180 г/л
Цианистый натрий (свободный)	15—25 »
Роданистый аммоний	8—12 »
Винноокислый натрий	10—15 »
Сода каустическая	20—30 »
Блескообразователь	0,03—0,05 »
Температура электролита	55—60° С
Плотность тока	1,5—3 а/дм ²

Электролит подвергается непрерывному фильтрованию через фильтр с активированным углем.

Аноды изготавливаются из меди марки М1 и помещаются в чехлы из хлопина. Площадь анодов должна быть в 2—3 раза больше площади покрываемых деталей. Катодную штангу снабжают покачивающим устройством с частотой 40—50 колебаний в минуту.

На шинах осуществляется реверсирование тока с катодным периодом 40 сек. и анодным — 10 сек.

Блескообразователь, вводимый в электролит, составляют отдельно из следующих компонентов:

Винная кислота	40 г/л
Марганец сернистый	50 »

Взамен виннокислого натрия и каустической соды в состав электролита меднения может быть введен двухзамещенный фосфорнокислый натрий в количестве 10—12 г/л, что удешевляет стоимость электролита.

Цианистый натрий также может быть заменен цианистым калием с концентрацией свободного цианистого калия 20—25 г/л.

Важнейшим недостатком в работе указанного электролита может быть малый блеск покрытия. Причинами этого могут быть: количественное несоответствие концентрации компонентов заданному составу электролита, недостаток блескообразователя, несоответствие действительной величины плотности тока и температуры электролита заданному режиму, малая частота качания штанг.

Появление на поверхности покрытия шероховатости и питтингов связано с неисправностью фильтра, заполненного активированным углем.

Плохое сцепление медного покрытия со сталью связано (как и при покрытии в обычном цианистом электролите) с плохой подготовкой поверхности детали к покрытию или с недостаточной концентрацией свободного цианистого натрия.

Ванны для меднения в цианистых электролитах сваривают из листового железа и снабжают пароводяной рубашкой и бортовыми вентиляционными отсосами.

3. Нецианистые электролиты

Для замены цианистых электролитов, обладающих сильным токсическим действием был предложен ряд электролитов, в том числе щавелево-кислые, аммиачные, роданистые, пиррофосфорнокислые и др.

Из них некоторое производственное применение получил лишь пиррофосфатный электролит, для которого применяют следующий состав и режим электролиза:

Натрий пиррофосфорнокислый кристаллический	120—145 г/л
или	
натрий пиррофосфорнокислый безводный	70—90 »
Натрий фосфорнокислый двухзамещенный	85—95 »
Медный купорос	30—35 »
Величина рН	7,5—8,9
Температура электролита	20—30° С
Плотность тока	0,3—0,4 а/дм ²
Выход по току	75—80%

Поверхность медных анодов должна быть в 2—3 раза больше площади покрываемых деталей. При механическом перемешивании электролита допускается повышение плотности тока до 1,5 а/дм².

При составлении электролита компоненты его растворяют в отдельных объемах горячей конденсированной воды. Растворы сливают в ванну и перемешивают. Готовый электролит имеет темно-синий цвет и содержит комплексные ионы двухвалентной меди.

Рассеивающая способность пиррофосфатного электролита ниже, чем у цианистых электролитов.

Корректирование пиррофосфатного электролита заключается главным образом в поддержании заданной величины рН. Этого достигают путем добавления разбавленного раствора каустической соды или ортофосфорной кислоты. При величине рН большей 9,9 аноды пассивируются с образованием на них рыхлого осадка, а на медном покрытии появляются полосы и коричневый налет. Уменьшение рН ниже 7 приводит к выделению контактной меди на поверхности деталей. Накопление в электролите солей двухвалентного железа, а также частичное восстановление меди до одновалентной вызывает на покрытии образование шероховатости. Для устранения этого железо в электролите осаждают щелочью, а медь окисляют введением перекиси водорода.

4. Кислые электролиты

Кислые электролиты характеризуются наличием ионов двухвалентной меди, низкой рассеивающей способностью и выделением на поверхности стальных деталей контактной меди, которая не имеет сцепления с основным металлом детали. Поэтому при меднении стали в кислых электролитах необходимо предварительное нанесение на поверхность детали подслоя никеля или меди из цианистого электролита, толщиной 2—3 мк.

Наиболее общеизвестным является серноокислый электролит, для которого принят следующий состав и режим работы:

Медный купорос	200—250 г/л
Серная кислота	50—70 »
Температура электролита	15—25° С
Плотность тока	1—2 а/дм ²
Выход по току	95—98%

При перемешивании электролита сжатым воздухом или при циркуляции электролита с непрерывным фильтрованием катодную плотность тока можно повысить до 6—8 а/дм², а при вращении цилиндрических деталей на катоде — еще более этого. Такие скорости требуются при наращивании слоя меди большой толщины, например в гальванопластике.

При осаждении меди из серноокислых электролитов существенное значение имеет качество анодов. Повышенное содержание в анодах мышьяка или закиси меди часто приводит к серьезным неполадкам процесса.

Для получения гладких и блестящих покрытий в серноокислый электролит вводят блескообразователи. Для этой цели наиболее часто применяют тиомочевину в количестве от 0,005 до 0,04 г/л.

При этом необходимо добавить также в электролит столярный клей в количестве 0,1 г/л. Температуру электролита следует поддерживать в пределах 12—26° С. Рекомендуется перемешивание электролита и плотность тока 3—5 а/дм². В качестве блескообразователей добавляют также дисульфонафталиновоокислый натрий до 0,5 г/л черную патоку до 1 г/л и некоторые другие органические соединения.

Для получения гладких покрытий при больших скоростях рекомендуется пользоваться борфтористоводородными электролитами. Применение больших плотностей тока характерно для указанных электролитов не только при меднении, но и при прочих видах гальванических покрытий, что обеспечивает им широкое применение.

При составлении борфтористоводородного электролита необходимо в первую очередь приготовить борфтористоводородную кислоту. Для этой цели к расчетному количеству кристаллической борной кислоты постепенно приливают фтористоводородную кислоту. При этом в качестве материала для футеровки ванны необходимо использовать винипласт, резину или парафинированное дерево.

Для получения 88 г борфтористоводородной кислоты требуется 62 г сухой борной кислоты и 200 г 40-процентной фтористоводородной кислоты. Реакция образования кислоты идет с большим выделением тепла. Поэтому приливать фтористоводородную кислоту нужно малыми дозами при непрерывном перемешивании винипластовой или эбонитовой мешалкой и применять при этом вентиляционные устройства.

Отдельно готовят свежесажженный гидрат окиси меди путем приливания разбавленного раствора каустической соды к расчетному количеству растворенного медного купороса. При этом не следует допускать перегревания осадка и перехода его в черную окись меди. Полученный голубой осадок декантируют, промывают для удаления избытка щелочи и растворяют в приготовленной ранее борфтористоводородной кислоте. Полученный раствор фторбората меди подкисляют раствором фтористо-водородной кислоты до требуемого значения рН и добавляют борной кислоты для повышения устойчивости рН. Полученный электролит доливают водой до рабочего уровня и приступают к работе без специальной проработки.

Ниже приведен состав и режим меднения для одного из общепринятых электролитов:

Фторборат меди	35—40 г/л
Борная кислота	15—20 »
Борфтористоводородная кислота	15—18 »
Величина pH	1
Температура электролита	15—25° С
Плотность тока	До 10 а/дм ²
Выход по току	90—100%

Перемешивания электролита не требуется [3].

Для больших скоростей наращивания меди применяют электролиты с повышенной концентрацией фторбората меди. Например, повышение плотности тока до 30—35 а/дм² может быть достигнуто при увеличении концентрации солей меди до 400—450 г/л и значительном подкислении электролита.

Кремнефтористоводородные электролиты по своим свойствам аналогичны борфтористоводородным, но изготовление их проще, так как кремнефтористоводородная кислота получается на суперфосфатных заводах, как отход производства и поставляется по ВТУ РУ 921—53 с 40-процентной концентрацией.

Для меднения рекомендуется следующий состав электролита и режим электролиза:

Кремнефтористоводородная медь	250—300 г/л
Кремнефтористоводородная кислота	10—15 »
Температура электролита	до 60° С
Плотность тока	До 20 а/дм ²
Выход по току	100%

Аноды медные. Перемешивание электролита или качание катодов позволяют увеличивать плотность тока почти вдвое по сравнению с указанной.

Скорость осаждения из кислых и прочих нецианистых электролитов, содержащих ионы двухвалентной меди, приведена в табл. 56.

Таблица 56

Скорость осаждения меди из кислых и нецианистых электролитов в мк/час

Плотность тока в а/дм ²	Выход по току в %					
	95	96	97	98	99	100
1	12,5	12,6	12,7	12,9	13,1	13,2
2	25,0	25,2	25,4	25,8	26,2	26,5
3	37,5	37,8	38,1	38,7	39,3	39,7
4	50,0	50,4	50,8	51,6	52,4	53,0
5	62,5	63,0	63,5	64,5	65,6	66,2
10	125,0	126,0	127,0	129,0	131,2	132,5
20	250,0	252,0	254,0	258,0	262,4	265,0

5. Специальные процессы и частные случаи меднения

Изготовление деталей методом гальванопластики. Большой раздел гальванотехники — гальванопластика — имеет своей целью копирование или формирование изделий и деталей сложной формы, получение которых другими путями нецелесообразно или невозможно. Из процессов осаждения металлов гальванопластика широко использует меднение и сравнительно реже применяет никелирование, хромирование и прочие процессы. Подробные указания о технологии гальванопластических процессов приведены в специальных руководствах [2].

Местная защита от цементации. Меднение в целях местной защиты стальных деталей от цементации, а также от электролитического борирования и от азотирования производится по специальному технологическому процессу. Для надежности защиты, особенно при цементации в газовом карбюризаторе, необходима беспористость слоя меди, высокая прочность его сцепления со сталью и толщина покрытия не менее 15—20 мк. Защиту отдельных участков от покрытия медью рациональнее всего производить парафиновым сплавом, содержащим 70% парафина, 10% воска, 10% канифоли и 10% каменноугольного пека. Сплав разогревают до 90—100° С и наносят его на изолируемые участки погружением или кисточкой. Электрообезжиривание деталей после изоляции и все последующие операции производят в растворах и электролитах с температурой не выше 20—25° С. Меднение может осуществляться сначала в любом цианистом электролите, а дальнейшее наращивание меди в одном из кислых электролитов. Взамен меднения в цианистом электролите возможно предварительное никелирование с толщиной слоя 2—3 мк и с последующим меднением в кислом электролите.

Химическое осаждение меди. Меднение посредством химического восстановления меди из ее растворов часто применяется при покрытии диэлектриков. Толщина получающегося при этом слоя меди весьма мала, измеряется долями микрона, и образовавшийся слой, вернее налет металлической меди, служит основой для последующего гальванического наращивания меди из кислых электролитов.

Перед покрытием детали подвергают пескоструйной обработке для очистки и создания шероховатой поверхности. При меднении диэлектриков детали погружают в слабый раствор азотнокислого серебра, высушивают и меднят в растворе, состоящем из следующих исходных компонентов:

Медный купорос	20 г/л
Глицерин (90-процентный)	35 »
Сода каустическая	26 »
Сода каустическая (свободная)	20 »

Для составления раствора отдельно растворяют расчетное количество медного купороса и приливают к нему при перемешивании глицерин. Отдельно составляют 10-процентный раствор каустической соды, который постепенно приливают в темно-синий раствор глицеринового комплекса меди при энергичном помешивании.

Для восстановления и химического осаждения меди в полученный раствор вводят 40-процентный раствор формальдегида (формалина) в количестве 5—8 мл/л. Затем в ванну завешивают тщательно обезжиренные детали и выдерживают при температуре 15—25° С в течение 50—60 мин. Для прекращения процесса в раствор вводят по каплям 25-процентный

раствор аммиака 8—10 мл/л. При непрерывной работе корректировку раствора производят через каждый час формалином, а через 3—4 час. вводят добавки меди и щелочи в соответствии с анализом.

Химическое меднение стали в щелочных цианистых растворах производят также при завешивании стальных деталей в подщелоченный раствор, содержащий медноцианистые комплексные соли калия или натрия, без тока, в контакте с металлическим алюминием. Контакт осуществляется в форме проволочной, елочной или рамочной подвески для деталей крупных и средних размеров или корзинки (сетки) для мелких деталей.

Упрочнение серебряного слоя в производстве зеркал. Для повышения механической прочности химически осажденного серебра в зеркальном производстве [1] можно производить его меднение в специальном кислом электролите, для которого рекомендуется следующий состав и режим работы:

Медный купорос	200 г/л
Серная кислота	2—5 »
Сегнетова соль	1 »
Температура электролита	15—25° С
Плотность тока	1—2 а/дм ²
Толщина слоя меди	0,5—1 мк

Полученный слой меди покрывают фенольным и асфальтовым лаком по общепринятому процессу. Меднение позволяет вдвое снизить удельный расход серебра в производстве зеркал.

Для удаления слоя меди без повреждения серебряного покрытия пользуются химическим травлением меди в следующем растворе при следующем режиме работы:

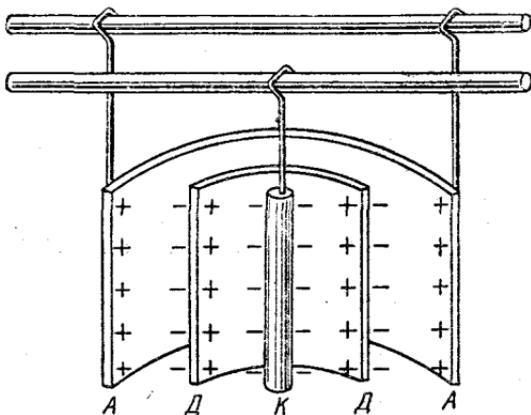
Персульфат аммония	75—80 г/л
Серная кислота	1,5—2 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	2—3 мин. (для снятия слоя меди тол- щиной 1 мк)

Меднение по способу биполярного расположения деталей в ванне.

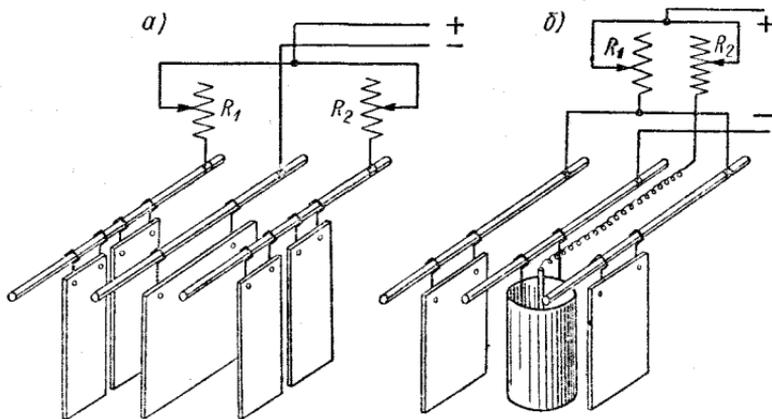
Этот метод применяется в цианистых электролитах для деталей, требующих только одностороннего покрытия; пригоден для покрытия листов, труб и прочих деталей с четко ограниченными поверхностями покрытия и может быть применен для всех видов покрытия в цианистых и слабощелочных электролитах. Сущность метода заключается в расположении деталей в электролите между анодом и катодом, как это показано на фиг. 33, без подключения к шинам ванны. При включении постоянного тока поверхность деталей, обращенная к аноду, заряжается отрицательно и, являясь катодом, покрывается медью. Поверхность, обращенная к катоду, заряжается положительно, выполняет функции анода и, следовательно, остается непокрытой.

Раздельное регулирование скорости осаждения меди на разных участках поверхности деталей производят путем подключения реостатов к анодным штангам ванны, как это показано на фиг. 34. Метод такого регулирования анодной плотности тока вплоть до выключения одной из штанг позволяет получать различные толщины покрытия на отдельных участках поверхности листовых и цилиндрических деталей.

Меднение алюминия и его сплавов. Его следует производить в общепринятых электролитах, применяя лишь специальную подготовку. Для сплавов алюминия при отсутствии цианистых медных электролитов наиболее пригодна подготовка поверхности путем анодного оксидирования в ортофосфорной кислоте. Для этого детали монтируют в приспособления и протравливают в 10—15-процентном растворе каустической соды при температуре 60—70° С в течение 1—2 мин. Для деталей, имеющих точные размеры, и для литейных сплавов с высоким содержанием кремния, продолжительность травления не должна превышать 10—15 сек. После промывки в воде детали осветляют в 10—15-процентном растворе азотной кислоты. При травлении силуминовых сплавов в щелочах удаление образовавшегося черного налета кремния



Фиг. 33. Электрическая схема расположения детали при меднении по биполярному методу.



Фиг. 34. Схема раздельного регулирования плотности тока на различных поверхностях деталей: а — для плоских деталей; б — для цилиндрических деталей.

производят в крепкой азотной кислоте с добавкой 40-процентной плавиковой кислоты или ее кислой соли в количестве 2—3% от общего объема. После промывки в холодной проточной воде детали завешивают в электролит, состоящий из ортофосфорной кислоты с концентрацией 250—300 г/л.

Анодная обработка производится при температуре 15—25° С и плотности тока 2—4 а/дм^2 , со средней выдержкой 10 мин. Затем детали промывают в воде и завешивают под током в сернокислый медный электролит с общепринятым составом и режимом осаждения и наращивают заданную толщину слоя меди. Для этой же цели можно пользоваться и борфтористоводородным электролитом.

Для алюминия и его сплавов при наличии медных цианистых электролитов производят двукратную цинкатную подготовку. Для этой цели первичные операции подготовки производят так же, как и перед оксидированием в фосфорной кислоте, а затем детали погружают в цинкатный раствор. Для него принят следующий состав и режим обработки:

Окись цинка (в пересчете на металл)	25—30 г/л
Сода каустическая	120—140 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	30—40 сек.

При обработке в цинкатном растворе детали непрерывно покачивают. Слой контактного цинка имеет голубой оттенок и должен быть равномерным, без просветов и пятен. При наличии указанных дефектов процесс подготовки повторяют заново.

После цинкатной обработки детали промывают в холодной проточной воде и стравливают контактный слой цинка в 10—20-процентном растворе азотной кислоты в течение 10—20 сек.

После промывки в холодной проточной воде производят повторную цинкатную обработку в указанном выше растворе, но с выдержкой в 8—10 сек. и также с покачиванием.

Детали, промытые в холодной проточной воде, завешивают в медный цианистый электролит под током и покрывают слоем меди при обычном режиме электролиза. После нанесения меди последующие покрытия никелем, хромом, серебром и другими металлами производят по общепринятым технологическим процессам.

Определение толщины медных покрытий (см. главу XIV) капельным или струйно-периодическим способом с использованием для этого растворов, предусмотренных ГОСТ 3003—58 для медных покрытий по железу.

Стравливание забракованных медных покрытий производят в азотной кислоте или путем анодного растворения в электролите для ванн хромирования.

Меднение магния и его сплавов. После окончательной механической обработки детали предварительно обезжиривают органическими растворителями, монтируют на подвески и подвергают химическому обезжириванию в слабощелочных растворах содержащих кальцинированную соду, тринатрийфосфат и жидкое стекло. Возможно катодное обезжиривание в щелочном растворе, содержащем 10—15 г/л каустической соды и 20—25 г/л кальцинированной соды. После промывки в холодной проточной воде детали декапируют, выбирая состав растворов в зависимости от марок сплава. Так, для деформируемых сплавов типа МА1-МА8 рекомендуется декапирование в растворе следующего состава при режиме работы:

Хромовый ангидрид	180 г/л
Селитра натриевая	30 »
Фтористый кальций	25 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	До 2 мин.

Для литейных сплавов наиболее пригоден 70—80-процентный раствор ортофосфорной кислоты при той же температуре и выдержке.

После промывки поверхность деталей вторично декапируют в следующем растворе при режиме электролиза:

Фосфорная кислота	250 г/л
Бифторид калия	100 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	До 2 мин.

После второго декапирования следует быстрая и усиленная промывка в холодной проточной воде. Затем производят осаждение контактного слоя цинка в следующем растворе при режиме работы:

Сернистый цинк	40—45 г/л
Пирофосфат натрия	180—200 »
Фтористый калий	8—10 »
Поташ до рН	10—10,5
Рабочая температура	70—80° С
Выдержка	2—4 мин.

В процессе погружения детали необходимо периодически встряхивать для удаления пузырьков водорода. Толщина слоя контактного цинка при этом достигает 1 мк.

После промывки в холодной проточной воде детали завешивают под током в электролит меднения следующего состава при режиме работы:

Медь цианистая	40—45 г/л
Натрий цианистый (общий)	50—55 »
Сегнетова соль	45—50 »
Натрий цианистый (свободный)	5—7 »
Сода кальцинированная	25—30 »
Сода каустическая	6—8 »
Рабочая температура	65—70° С

При завеске деталей в ванну плотность тока поддерживают в течение 20—30 сек. на уровне 3—5 а/дм², после чего снижают до 1,5—2 а/дм² и выдерживают, при покачивании или встряхивании, до получения толщины 20—25 мк. Последующее покрытие никелем, хромом или другими металлами производят в общепринятых электролитах.

Удаление забракованных медных покрытий на магниевых сплавах производят в растворе каустической соды с концентрацией 80 г/л и добавкой порошкообразной серы в количестве до 120 г/л. Температура раствора при снятии покрытия 70—90° С. Затем детали промывают в холодной воде, декапируют в растворе цианистого калия с концентрацией 100 г/л и процесс повторяют.

Меднение цинка и его сплавов. Для гальванического меднения литых деталей из цинковых сплавов широко применяющихся во многих отраслях промышленности, необходим специальный технологический процесс подготовки к покрытию. Для этой цели детали монтируют на подвески и

производят их химическое обезжиривание в слабощелочном растворе со следующим составом и режимом обработки:

Тринатрийфосфат	50—60 г/л
Кальцинированная сода	25—30 »
Калиевое мыло	3—5 »
Рабочая температура	60—70° С
Выдержка	3—5 мин.

После промывки в горячей проточной воде детали подвергают анодному пассивированию в электролите, содержащем 50—70 г/л пиррофосфорного натрия. Детали завешивают на анодные штанги и пассивируют при температуре 35—40° С и анодной плотности тока 0,6—1 а/дм² в течение 1—2 мин. В качестве катодов применяют никелевые пластины.

После пассивирования детали промывают в холодной проточной воде и покрывают слоем меди в одном из общепринятых электролитов.

Последующее покрытие никелем, хромом или другими видами покрытий также не имеет специфических особенностей.

Меднение титановых сплавов типа ВТ-1, ВТ-3 и др. Для получения слоя меди, не превышающего 10—15 мк, применяют предварительное травление сплавов в растворе следующего состава при режиме работы:

Фтористоводородная кислота (40-процентная)	10 мл
Серная кислота (уд. вес 1,84)	15 »
Вода	90 »
Температура раствора	15—25° С
Выдержка	30—60 сек.

После травления следует быстрая и усиленная промывка в холодной проточной воде и завеска под током в ванну с пиррофосфатным электролитом для меднения. Для получения прочного сцепления меди с основным металлом следует применять промежуточный вакуумный отжиг.

6. Осаждение меди совместно с другими металлами

Медь чаще всего осаждают совместно с цинком или оловом, получая таким путем сплавы типа латуни и бронзы.

Латунирование применяется главным образом в качестве подслоя при покрытии стальных изделий резиной (гуммировании), обеспечивая этим высокую прочность сцепления резины с металлом.

Гальваническое осаждение латуни, содержащей 60—70% меди и 30—40% цинка, производят из цианистых электролитов латунирования. Состав и режим работы одного из производственных электролитов приведены ниже:

Медноцианистая комплексная соль	40—45 г/л
Цинковая цианистая комплексная соль	15—20 »
Цианистый натрий (свободный)	15—18 »
Рабочая температура электролита	20—30° С
Плотность тока	0,1—0,3 а/дм ²
Выход по току	60—70%

Материалом для анодов служит листовая латунь Л-62 или Л-68, скорость осаждения латуни при плотности тока 0,2 а/дм² и выходе по току 65% составляет 3 мк/час. Электролит требует проработки.

При отсутствии цианистых электролитов латунирование можно производить гальванотермическим путем. Для этого стальные детали меднят в каком-либо из цианистых электролитов или в серноокислом электролите с подслоем никеля в 1—2 мк. Толщина слоя меди составляет 10—12 мк. Затем детали переносят в ванну с кислым электролитом для цинкования и осаждают в ней слой цинка толщиной 5—6 мк. Промытые и высушенные детали помещают в термостат и прогревают при 380—400° С в течение 1,5—2 час. до получения цвета латуни.

Гальваническое осаждение бронзы, содержащей 10—15% олова и имеющей золотисто-желтый цвет, производят из цианистого электролита следующего состава с ускоренным режимом осаждения:

Станнат натрия	30—35 г/л
Медноцианистая комплексная соль	70—75 »
Цианистый натрий (свободный)	12—15 »
Сода каустическая	7—8 »
Температура электролита	65—70° С
Плотность тока	До 2—2,5 а/дм ²
Выход по току	60%

Аноды бронзовые, литые, того же химического состава, что и получаемое покрытие. Скорость осаждения при плотности тока 1 а/дм² и выходе по току 60% составляет около 15 мк/час.

Покрытие, содержащее 40—45% олова и 60—55% меди, называемое белой бронзой, по внешнему виду сходно с серебром, не тускнеет от времени и обладает хорошей коррозионной стойкостью во многих средах. Для осаждения белой бронзы могут быть использованы и другие составы электролитов.

7. Получение цветных меднозакисных пленок

Декоративную отделку люстр и прочей электроарматуры производят путем отложения на стальных изделиях тонкой пленки закиси меди из щелочных электролитов. В зависимости от продолжительности осаждения можно получать пленки различных оттенков. Наибольшее применение получили пленки золотисто-желтого цвета.

Перед покрытием изделия полируют и покрывают подслоем никеля толщиной 2—3 мк, затем меднят по общепринятому режиму в серноокислом электролите с толщиной слоя 5—7 мк и гляncуют. После тщательного обезжиривания известковым молоком детали монтируют в подвески, промывают в холодной проточной воде и завешивают на катодную штангу в электролит цветного меднения. Состав электролита и режим электролиза следующие:

Медный купорос	50—60 г/л
Сахар пищевой	80—90 »
Сода каустическая	40—50 »
Температура электролита	35—45° С
Плотность тока	0,01—0,02 а/дм ²

В указанном электролите сахар может быть заменен глицерином с той же концентрацией, при снижении концентрации меди вдвое.

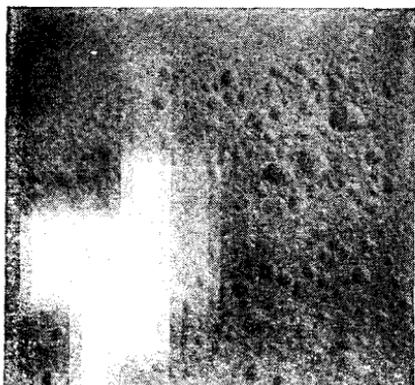
В качестве анодов применяют медные пластины. Напряжение на шинах ванны не должно превышать 1 в. Регулировка плотности тока должна

производиться плавно, движковым реостатом. В этом процессе питание ванн постоянным током можно производить только от аккумулятора, так как все остальные источники тока позволяют получать только неопределенную смесь цветов.

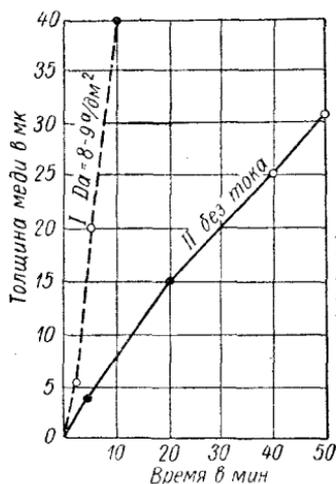
Детали, окрашенные меднозакисными пленками, покрывают бесцветным лаком для предохранения от истирания и придания им блеска.

8. Контроль качества покрытий и исправление брака

Качество медных покрытий проверяют по следующим показателям: отсутствие внешних дефектов (непокрытые участки, дендритные наросты и пр.), отсутствие пор, прочность сцепления покрытия с деталью и толщина слоя меди.



Фиг. 35. Вздутие покрытия при недоброкачественной подготовке.



Фиг. 36. Диаграмма скорости растворения меди в хромовом электролите.

Пористость медного слоя проверяют наложением отрезка фильтровальной бумаги, смоченной железосинеродистым реактивом, как это предусмотрено ГОСТ 3247—46. При многослойном защитно-декоративном покрытии или при условии последующего полирования пористость меди может быть перекрыта. Если же меднение имеет своей целью местную защиту стали от цементации или другого диффузионно-термического процесса, то пористость в количестве 1—2 пор на 1 см^2 допускается лишь на отдельных участках, не имеющих существенного значения при последующей механической обработке.

Для качественной проверки прочности сцепления медного покрытия, при условии, что его толщина не превышает 20—30 мк, проверяемый участок натирают медным стержнем с закругленным концом. Появление мелких вздутий, отчетливо видимых без увеличения, указывает на слабую связь покрытия с металлом (фиг. 35).

Надежной качественной пробой является также снятие медного слоя, при полировании, до стали.

Недоброкачественные, а также использованные после термических процессов медные покрытия удаляют растворением в хромоаммонийном электролите. Его состав и режим обработки следующие:

Хромовый ангидрид	200—300 г/л
Сернокислый аммоний	50—100 »
Температура электролита	15—25° С
Анодная плотность тока	8—10 а/дм ²

Катодами служат свинцовые пластины. Электролит практически не действует на сталь. Скорость анодного растворения меди определяется по диаграмме, изображенной на фиг. 36. Растворение меди в указанном электролите возможно производить и без тока, но процесс протекает гораздо медленнее, что также видно из диаграммы (фиг. 36). По мере старения электролита скорость растворения меди падает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ямпольский А. М. Библиотечка гальванотехника, вып. 2, Меднение и никелирование. Машгиз, 1961.
2. Поплов Л. Я., Библиотечка гальванотехника, вып. 8, Гальванопластика, Машгиз, 1961.
3. Лайнер В. И., Кудрявцев Н. Т., Основы гальваностегии, ч. I, Металлургиздат, 1953.

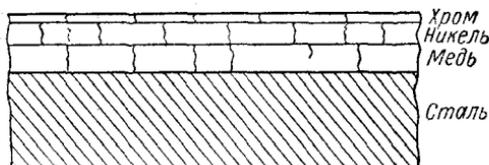
ГЛАВА VIII НИКЕЛИРОВАНИЕ

1. Свойства никеля и применение никелирования

Никель — металл серебристо-белого цвета с уд. вес. 8,9 и температурой плавления 1452°C . Микротвердость гальванически осажденных никелевых покрытий лежит в пределах $200\text{--}300\text{ кг/мм}^2$. После термообработки никелевых покрытий, содержащих фосфор, микротвердость их возрастает еще более, сравниваясь с твердостью блестящего хрома.

Никелевые покрытия хорошо полируются до зеркального блеска и приобретают красивую декоративную внешность, не изменяющуюся от времени.

Являясь главным образом защитно-декоративным покрытием, никель способен надежно защитить железо от коррозии лишь при условии его



Фиг. 37. Схема расположения пор при многослойном покрытии медь — никель — хром.

беспористости. Поэтому никелирование как защитно-декоративное покрытие применяют обычно с подслоем меди. Гальванические покрытия всегда обладают некоторой пористостью и для получения беспористых покрытий применяют попеременное осаждение нескольких слоев металлов. У таких многослойных покрытий поры каждого слоя обычно не совпадают, как это показано на фиг. 37.

Кроме того, многослойные покрытия позволяют снизить удельный расход никеля за счет более дешевой меди. Наименьшая толщина никелевых и многослойных покрытий предусмотрена ГОСТ 3002—58 и приведена в табл. 53.

Никелирование получило широкое применение в химической промышленности с толщиной покрытий без подслоя меди до $0,20\text{--}0,30\text{ мм}$.

Высокая твердость и износостойкость никелевых покрытий используются в полиграфической промышленности для клише и стереотипов, для покрытия медных матриц при изготовлении патефонных пластинок, для мерительного инструмента и особенно для деталей, эксплуатируемых в условиях сухого трения.

2. Серноокислые электролиты

Этот вид электролитов наиболее известен и изучен. Серноокислые электролиты весьма чувствительны к отклонениям от заданного режима и к наличию посторонних примесей. Поэтому при эксплуатации никелевых электролитов, особенно серноокислых, следует соблюдать следующие обязательные условия:

1. Ванны никелирования к моменту загрузки деталей должны быть полностью подготовлены. Аноды, катодные и анодные штанги должны быть тщательно вычищены, проверена исправность реостатов и амперметров, системы перемешивания и фильтрования, если таковые имеются, должны быть включены.

2. Корректирование электролитов по составу и по величине pH во время процесса покрытия исключается.

3. Загрузку деталей следует производить быстро, при включенном токе, с постепенным повышением силы тока до заданной величины.

4. Выключение тока в процессе никелирования или изъятие подвесок из ванны для осмотра приводит к отслаиванию покрытия.

5. Поворачивание деталей в приспособлениях для перемещения точек контакта и прочие исправления в расположении деталей в ванне следует производить только в резиновых перчатках.

6. Для удаления налета масел, ворсинок и прочих посторонних частиц с поверхности никелевого электролита ванны необходимо оборудовать автоматическим устройством или периодически снимать налет сеткой из марли или листом фильтровальной (непроклеенной) бумаги.

7. Аноды должны быть предварительно очищены от шлама стальными щетками, заключены в чехлы из льняной ткани и погружены в электролит так, чтобы их подвесные крюки не касались электролита даже при перемешивании.

8. Внутренние аноды также должны быть в чехлах из льняной ткани, а места их электрического контакта с проводником не должны касаться электролита.

9. Для подвесных крюков к анодам и проводников к внутренним анодам не следует применять медь (лучше применять сталь).

10. Нормальное соотношение площадей анодов к площади покрываемых деталей должно быть 2 : 1.

11. Детали, попавшие на дно никелевой ванны, должны немедленно извлекаться из нее магнитом или другим приспособлением.

В табл. 57 приведены составы и режимы работы для наиболее применяемых электролитов.

Указанные электролиты устойчивы в работе и при их правильной эксплуатации и систематической очистке от вредных примесей могут использоваться в течение нескольких лет без замены. Корректирование их состава по содержанию основных компонентов производится главным образом вследствие потерь электролита за счет уноса его с покрываемыми деталями. Размеры этих потерь зависят от концентрации электролита, конфигурации деталей и аккуратности работающих.

Для деталей, покрываемых на подвесках, удельные нормы потерь электролита на унос колеблются в пределах 120—200 мл электролита на 1 м² площади покрываемых деталей, а для мелких деталей, покрываемых в колоколах и барабанах, составляют от 220 до 370 мл/м². Для последних наиболее пригоден электролит № 2, указанный в табл. 57. Остальные

Таблица 57

Составы и режимы работы сернокислых электролитов

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3	Электролит № 4
Сернокислый никель	г/л	70—75	140—150	280—300	400—420
Сернокислый натрий	»	40—50	40—50	—	—
Сернокислый магниий	»	—	25—30	50—60	—
Борная кислота	»	20—25	20—25	25—30	25—30
Хлористый натрий	»	5—10	5—10	3—5	—
Фтористый натрий	»	—	—	2—3	2—3
Величина рН	рН	5,6—5,8	5,0—5,5	3—5	2—3
Температура электролита	°С	15—25	20—35	30—40	50—60
Катодная плотность тока	а/дм ²	0,5—1	0,8—2	2—4	5—10
Катодный выход по току	%	95	90—95	90	85—90
Перемешивание	—	—+	—+	+	+
Непрерывное фильтрование	—	—	—	—+	+

Примечание. Знак (+) обозначает применение, знак (—+) — обязательное применение, знак (—) — отсутствие применения.

электролиты этой таблицы применяются при покрытии деталей на подвесках и выбор электролита для них определяется заданной толщиной слоя, программой цеха и необходимой скоростью наращивания.

Ванны для никелирования изготовляют из листовой стали с футеровкой внутри резиной в 2—3 слоя или винилпластом. Возможно их изготовление и из бакелитированной фанеры.

Никелевые электролиты весьма чувствительны к понижению цеховой температуры и при снижении ее до +10° С фактически непригодны для эксплуатации. Поэтому ванны необходимо снабжать пароводяными рубаш-

ками или трубчатыми электронагревателями. Для ускорения процесса и повышения качества покрытий ванны оснащают автоматическими устройствами для покачивания катодных штанг, для очистки зеркала электролита, для непрерывного перемешивания и фильтрования. Для этой цели применяют рамочные и керамиковые фильтры. Для ускорения процесса применяют также реверсирование тока; никелевые покрытия получаются при этом светлые, гладкие и эластичные. Необходимо лишь, чтобы анодный период при реверсировании не превышал 0,3—0,4 сек. При определении скорости наращивания никеля следует также учитывать, что реверсирование снижает катодный выход по току, доводя его, в зависимости от режима, до 50—60% и менее.

Ускорение процесса и улучшение качества покрытия создаются также при помещении деталей в ультразвуковом поле. Скорость наращивания никеля определяют по табл. 58.

Таблица 58

Скорость осаждения никеля в мк/час

Плотность тока в а/дм ²	Выход по току в %					
	50	60	70	80	90	95
0,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	5,9
1,0	6,3	7,4	8,7	10,0	11,2	11,8
2,0	12,5	14,9	17,6	20,0	22,4	23,6
3,0	18,8	22,3	26,2	29,9	33,6	35,4
4,0	25,1	29,8	34,9	39,9	44,8	47,2
5,0	31,4	37,2	43,7	49,8	56,0	59,0
10,0	62,8	74,4	87,3	99,7	112,0	118,0

Корректирование никелевых электролитов заключается в поддержании постоянства их состава.

Добавление сернокислого никеля, борной кислоты и хлоридов производят на основании химического анализа электролита. Систематическое, повседневное корректирование электролита состоит в поддержании величины рН, которая может изменяться даже в течение одной рабочей смены.

Корректирование рН производят добавлением 3-процентного раствора каустической соды или серной кислоты, при интенсивном перемешивании электролита, которое продолжают после корректирования еще 30—40 мин.

Определение рН с высокой степенью точности производят потенциометрически с хингидронным электродом. Менее точно колориметрическое определение рН прибором Михаэлиса, применяемым в агротехнике. В цеховых условиях приблизительное определение рН может быть выполнено при помощи индикаторных бумаг.

Неполадки при никелировании, их причины и способы устранения приведены в табл. 59.

Таблица 59

Неполадки при никелировании, их причины и способы устранения

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способ устранения
Никель на деталях не осаждается. Усиленно выделяется водород	Мала величина рН электролита (слишком кислый электролит)	Проверить рН и откорректировать его 3-процентным раствором каустической соды
Никель на деталях не осаждается. Детали покрываются черным мажущим налетом	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мала плотность тока 2. Низкая температура электролита 3. Неправильное включение полюсов на ванне 4. Наличие солей азотной кислоты в электролите 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повысить плотность тока 2. Подогреть электролит до 18—25° С 3. Проверить и переключить полюса 4. Проработать электролит или сменить ванну
Никель имеет нормальный оттенок и эластичность, но отслаивается	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плохая подготовка к покрытию 2. Перерыв тока или изменение плотности тока 	Удалить никель анодным растворением в серной кислоте и повторить покрытие
Слой никеля блестящий с продольными трещинами	Накопление в электролите солей железа более 0,1 г/л	Подкислить электролит, ввести перекись водорода, нагреть и перемешать, защелочить до рН=6 и профильтровать
Никель имеет серый оттенок, плохо полируется, аноды без тока покрываются медью	Накопление в электролите солей меди более 0,02 г/л	Подкислить электролит и проработать его при низкой плотности тока

Продолжение табл. 59

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способ устранения
Появление черных или коричневых полос или общее почернение покрытия	Загрязнение электролита солями цинка	Добавить известкового молока или мела до $pH = 6,1-6,3$ и отфильтровать осадок
Отслаивание никеля в виде мелких блестящих чешуек, легко осыпающихся от прикосновения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слишком кислый электролит и высокая плотность тока 2. Низкая концентрация сернокислого никеля при большом содержании проводящих солей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подщелочить электролит и снизить плотность тока 2. Добавить сернокислого никеля
Частичное покрытие деталей никелем при хорошем качестве покрытия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное обезжиривание деталей 2. Детали взаимно экранируются на подвеске 3. Неправильное расположение анодов или нарушение контакта отдельных анодов 4. Отсутствие контакта подвески со штангой 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повторить операции подготовки 2. Изменить расположение деталей 3. Проверить контакты и расположение анодов 4. Проверить контакт подвески со штангой
Покрытие имеет желтый оттенок, а на краях деталей возможно образование зеленых гидратов окиси никеля	1. Высокое значение pH (щелочной электролит)	1. Проверить pH и подкислить электролит трехпроцентным раствором серной кислоты

Продолжение табл. 59

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способ устранения
Покрытие имеет желтый оттенок, а на кромках деталей возможно образование зеленых гидратов окиси никеля	2. Чрезмерно высокая катодная плотность тока	2. Снизить плотность тока на катоде или применить усиленное перемешивание электролита
Медленное осаждение никеля	Низкая температура электролита	Подогреть электролит до 18—25° С
Аноды покрыты коричневой или черной пленкой	1. Мала площадь анодов 2. Мало хлористого натрия	1. Добавить анодов 2. Добавить хлористого натрия 2—3 г/л
Шероховатость и высокая пористость никеля	Электролит загрязнен взвешенным анодным шлаком и прочими механическими примесями	Отфильтровать электролит и надеть чехлы из льняной ткани на аноды
Образование питтинга	Загрязнение электролита органическими примесями	Подкислить электролит, добавить перекись водорода и снова защелочить
Никелевое покрытие хрупкое и блестящее	Загрязнение электролита органическими соединениями	Удалить примеси дробленным древесным углем (1—2 г/л на 1 смену)
Образование шероховатых и дендритных покрытий на кромках деталей при нормальном составе электролита	1. Высокая катодная плотность тока 2. Чрезмерно большая продолжительность процесса осаждения	1. Снизить катодную плотность тока 2. Ограничить продолжительность процесса, ввести подслои меди с полированием

3. Электролиты блестящего никелирования

Широкое применение получили электролиты блестящего никелирования, содержащие различные блескообразователи. Так, из неорганических соединений некоторое применение для этой цели получили сернокислые соли кобальта и кадмия. Несмотря на простоту получения и равномерный блеск покрытий, добавки кобальта нецелесообразны вследствие их высокой стоимости.

Добавки хлористого или сернокислого кадмия в количестве 0,03—0,10 г/л применяются особенно при покрытии крепежных деталей в колокольных и барабанных ваннах. Наилучшие результаты получаются при их введении за 1—2 часа до выгрузки деталей. Действие кадмиевых добавок непродолжительно и не превышает 8—10 час. непрерывной загрузки ванн.

Наибольшее применение получили электролиты с добавками органических блескообразователей в виде натриевых солей сульфированного нафталина. Большое распространение получил электролит следующего состава и режима работы:

Сернокислый никель	200—300 г/л
Борная кислота	25—30 >
Фтористый натрий	4—6 >
Хлористый натрий	3—15 >
Натриевая соль нафталин — дисульфокислоты 2,6 или 2,7	2—4 >
Формалин	1—1,5 >
Величина pH	5,8—6,3
Температура электролита	20—30° С
Плотность тока	1—2 а/дм ²
Выход по току	95—96%

При перемешивании электролита плотность тока может быть повышена до 4—5 а/дм².

При корректировании электролита по блескообразованию его следует предварительно прогреть или прокипятить.

Из неполадок, характерных для электролитов блестящего никелирования, следует отметить матовость средней части деталей при удовлетворительном блеске кромок. Это наблюдается при недостатке в электролите блескообразователя, а также при низкой плотности тока. Наоборот, блеск в средней части деталей с темным покрытием на кромках получается при высокой плотности тока, а также в защелоченном электролите при низких температурах. Общее отсутствие блеска может быть связано с недостатком блескообразователя или с присутствием в электролите солей меди и цинка.

Имеется также электролит, дающий блестящие покрытия на шероховатой поверхности металла, с выравнивающим эффектом за счет специальных добавок.

4. Прочие электролиты никелирования

Некоторые электролиты, кроме указанных ранее, также получили промышленное применение. Так, например, борфтористые электролиты отличаются высокой производительностью и электропроводностью.

Состав и режим работы одного из них следующие:

Борфтористый никель	300—400 г/л
Хлористый никель	10—15 »
Борная кислота	25—30 »
Формалин 40-процентный	1,5—3 мл/л
Антипиттинг ОП-7	0,2—0,3 мл/л
Величина pH	2,8—3,5
Температура электролита	30—40° С
Плотность тока	4—6 а/дм ²
Выход по току	95%

Никелевые покрытия получают блестящие или полублестящие (легко полирующиеся) и обладают высокой эластичностью и твердостью 540—550 кг/мм². Электролит пригоден для использования в колокольных и барабанных ваннах.

Для получения весьма твердых и износостойких покрытий применяется электролит, своеобразный как по составу, так и по режиму осаждения:

Серноокислый никель	180—200 г/л
Ортофосфорная кислота	40—60 »
Хлористый натрий	2—3 »
Гипофосфит натрия	5—10 »
Величина pH	1,8—3
Температура электролита	80—85° С
Плотность тока	8—12 а/дм ²
Выход по току	70%

Осажденный никель содержит до 2—3% фосфора и обладает высокой твердостью, которая после термообработки при 350° С повышается еще более и приближается к твердости хрома.

5. Осаждение черного никеля

При введении солей цинка в серноокислые никелевые электролиты осадки никеля приобретают черный цвет.

Перед осаждением черного никеля на поверхность детали следует нанести подслои меди или светлого никеля с последующим полированием. Толщина слоя черного никеля обычно не превышает 0,5 мк. Ниже приведено несколько составов электролитов. Один из них отличается тем, что подслои светлого никеля и черный никель осаждаются из одного и того же электролита путем резкого изменения катодной плотности тока. Для этого электролита рекомендован следующий состав и режим осаждения:

Двойная аммиачная соль никеля	45 г/л
Серноокислый никель	75 »
Серноокислый цинк	40 »
Роданистый аммоний	15 »
Борная кислота	25 »
Величина pH	4,5—5,5
Температура электролита	45—55° С

Осаждение ведут с никелевыми анодами в следующем порядке: обезжиренные и полированные детали завешивают в ванну, включают ток

и осаждают светлый никель, увеличивая катодную плотность тока в течение 10—12 мин. от 0,02 до 0,2 a/dm^2 . Затем повышают плотность тока до 1,0—1,3 a/dm^2 и осаждают черный никель в течение 3—5 мин.

К электролитам, не содержащим двойной соли никеля, относится электролит следующего состава и режима работы:

Сернокислый никель	50 г/л
Сернокислый аммоний	15 »
Сернокислый цинк	25 »
Роданистый аммоний	15 »
Лимонная кислота	2 »
Величина pH	5,2—5,5
Температура электролита	18—25° С
Плотность тока	0,1 a/dm^2

Детали никелируют при напряжении, не превышающем 0,8—1,0 в с выдержкой 20—30 мин. с применением никелевых и графитовых анодов.

Корректирование pH производят 3-процентным раствором серной кислоты или углекислым цинком, избыток которого на дне ванны способствует устойчивости pH.

Детали после покрытия черным никелем пассивируют в горячем 5-процентном растворе хромпика (двуххромовокислого калия). Для повышения блеска и коррозионной стойкости детали протирают веретенным маслом или покрывают бесцветным лаком.

6. Частные случаи никелирования

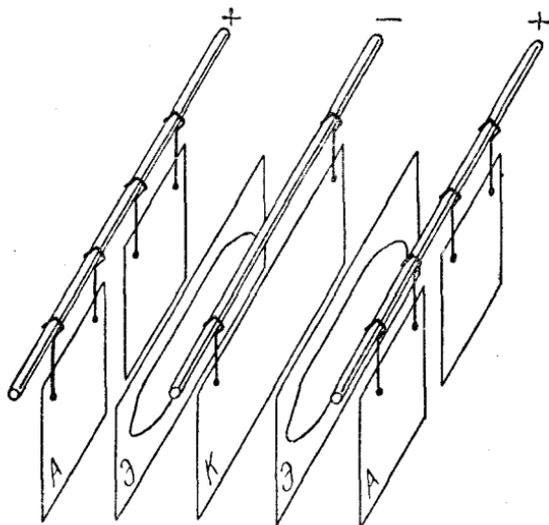
Никелирование крепежных и мелких деталей. Для покрытия мелких деталей применяют колокольные и ковшовые ванны, а также ванны с вращающимся барабаном. При наличии большой программы устанавливают колокольные автоматы с высокой производительностью или шнековые автоматы с непрерывной подачей деталей. Никелирование небольших партий можно производить в переносных барабанах, надеваемых на катодную штангу стационарной ванны, а также на сетках или на проволочных подвесках.

Для никелирования в колоколах и барабанных ваннах наиболее пригоден электролит № 2, указанный в табл. 57.

При подсчете производительности колокольных ванн следует учитывать, что скорость наращивания никеля в них гораздо меньше, чем при покрытии на подвесках и составляет не более 50—60% от рассчитанной по закону Фарадея. Это явление связано с частичным истиранием никелевого покрытия вследствие взаимного трения деталей при вращении колокола или барабана. При этом электролит быстро мутнеет, заполняясь взвешенными частицами никеля и гидратом окиси железа, а pH его увеличивается до 6—6,5. При этом скорость наращивания никеля постепенно замедляется и увеличение толщины слоя свыше 10—12 μk является нецелесообразным. Для того чтобы сопряжение крепежных резьб, изготовленных по 3-му классу точности, происходило без затруднений, толщина слоя никеля не должна превышать 5—7 μk .

Выравнивание толщины покрытий неметаллическими экранами. В качестве экранов можно использовать листовой целлулоид, различные пластмассы, парафинированную или бакелитированную фанеру и прочие

химически стойкие материалы. Экраны располагают между анодами и деталями так, чтобы экранированию подвергались наружные кромки и углы деталей и чтобы весь ток направлялся через прорезанные в экранах окна, как это показано на фиг. 38. Пользуясь такими экранами можно добиться равномерности на всех участках изделия. Так, например, равномерное покрытие никелем внутренней поверхности автомобильных фар легко



Фиг. 38. Схема применения экранов для выравнивания плотности тока на поверхности деталей:

А — аноды; Э — неметаллические экраны; К — катод.

осуществляется путем применения целлулоидного экрана с постепенно увеличивающимися окнами и сквозным дном, как это показано на фиг. 39.

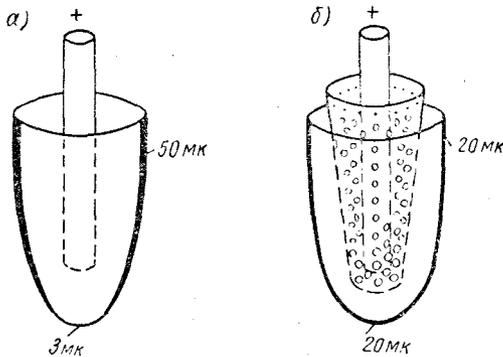
Гальваническое изготовление наждачных кругов. Для получения односторонних шлифовальных кругов на металлической основе используемых при зубопротезных работах в никелевый электролит на специальной подвеске горизонтально завешивают круги требуемого диаметра, штампованные из стальной ленты.

В электролите находится также абразивный порошок заданной зернистости. При перемешивании электролита сжатым воздухом порошок взмучивается, а после выключения перемешивания осаждается на поверхности стальных кругов.

Затем включают ток и производят осаждение никеля. Процесс ведут до получения толщины, достаточной для прочного закрепления зерен абразива, как это изображено на фиг. 40. При пользовании порошками № 150—180 достаточно слоя никеля толщиной 0,05 мм.

Этот метод весьма перспективен и может быть использован в других отраслях производства.

Никелирование нержавеющей стали. Для защиты кислотоупорных и нержавеющей сталей, работающих при повышенных температурах и в агрессивных средах, применяют никелирование в специальных электролитах. Перед покрытием детали обезжиривают, декапируют в соляной



Фиг. 39. Приспособление для выравнивания плотности тока при покрытии внутренних полостей: а — без экрана; б — с целлулоидным экраном.

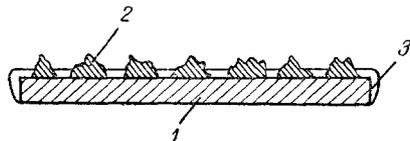
кислоте с добавкой хлористого никеля (30—40 г/л) и никелируют в электролите следующего состава и режима работы:

Хлористый никель	200—250 г/л
Соляная кислота	180—200 мл/л
Температура электролита	15—25° С
Плотность тока	5—10 а/дм ²

Никелирование алюминия и его сплавов. Основной операцией, обеспечивающей прочность и надежность сцепления никелевых покрытий с алюминием, является подготовка поверхности детали к покрытию.

Для этой цели детали монтируют в приспособления и протравливают в 10—15-процентном растворе каустической соды при температуре 60—70° С в течение 1—2 мин. После промывки в воде детали освещают в 15—20-процентном растворе азотной кислоты.

При травлении силумина освещение производят в концентрированной азотной кислоте с добавкой 2—3% плавиковой кислоты. Промытые



Фиг. 40. Схема закрепления абразивных зерен никелем: 1 — стальной диск; 2 — зерна абразива; 3 — слой никеля.

детали погружают в цинканный раствор, для которого применяют следующий состав и режим обработки:

Оксид цинка (в пересчете на металл)	30—40 г/л
Сода каустическая	120—140 »
Температура электролита	15—25° С
Продолжительность процесса	30—40 сек.

При обработке в цинканном растворе детали непрерывно покачивают. Осевший слой контактного цинка должен быть равномерным, без просветов и пятен. При наличии указанных дефектов процесс подготовки повторяют снова.

Затем детали промывают в холодной проточной воде и стравливают контактный слой цинка в 10—20-процентном растворе азотной кислоты в течение 10—20 сек.

После промывки в холодной проточной воде производят повторную цинканную обработку в том же растворе, но с выдержкой в 8—10 сек. и при покачивании.

Детали, промытые в холодной проточной воде, завешивают в ванну никелирования под током. Для никелирования пользуются общепринятыми составами и режимами работ.

Для покрытия участков, подлежащих в дальнейшем спайке, достаточен слой никеля толщиной 3—5 мк. В прочих случаях выбор толщины слоя зависит от условий эксплуатации деталей. Никелированные детали прогревают при 200° С в течение 25—30 мин. для повышения прочности сцепления.

Толщину слоя определяют капельным методом, используя для этого растворы, предусмотренные ГОСТ 3003—58 для никелевых покрытий по железу. Для определения пористости никелевых, медных, хромовых и многослойных покрытий пользуются наложением фильтровальной бумаги, смоченной раствором гематоксилина с концентрацией его 0,8—1,0 г/л. После выдержки 3—5 мин. на бумаге в местах пор образуются ясно заметные фиолетовые точки.

Осаждение сплавов. Гальваническое осаждение различных сплавов никеля представляет практический интерес. Так, следует указать на осаждение никелькобальтовых магнитных сплавов для деталей аппаратуры звукозаписи и для получения магнитов небольшой толщины.

Для получения сплава, содержащего 25—30% никеля и 70—75% кобальта, применяют следующий электролит и режим работы:

Сернистый никель	130—140 г/л
Сернистый кобальт	110—120 »
Борная кислота	20—30 »
Хлористый калий	10—15 »
Величина рН	4—5
Температура электролита	50—60° С
Катодная плотность тока	1—2 а/дм ²

Толщина покрытия, нанесенного на латунную ленту, составляет 5—7 мк.

7. Химическое никелирование

Свойства и области применения покрытия. Основой процесса химического никелирования является реакция восстановления никеля из водных растворов его солей гипофосфитом натрия. Промышленное применение

получили способы осаждения никеля из щелочных и кислых растворов. Осажденное покрытие имеет полублестящий металлический вид, аморфную структуру и является сплавом никеля с фосфором. При этом содержание фосфора в осадке зависит от состава раствора и колеблется от 4—6% для щелочных до 8—10% для кислых растворов.

После термообработки при 400—500° С твердость никельфосфорного покрытия возрастает вдвое и достигает 900—1000 кг/мм² и сравниваясь таким образом с хромовыми покрытиями. При этом значительно возрастает и прочность сцепления. Пористость никельфосфорного покрытия практически такая же, как и у гальванически осажденного никеля.

Указанные свойства никельфосфорного покрытия определяют его области применения. Никельфосфорному покрытию подвергаются детали из черных металлов, меди, алюминия и никеля или детали, покрытые этими металлами. Равномерность отложения слоя покрытия делает его незаменимым при никелировании деталей со сложным профилем, точными размерами, а также деталей, нуждающихся в повышении поверхностной твердости и износостойкости.

Этот метод покрытия непригоден для осаждения никеля на таких металлах или покрытиях, как свинец, цинк, кадмий и олово.

Осаждение никеля из щелочных растворов. Щелочные растворы характеризуются высокой устойчивостью, простотой корректирования, отсутствием склонности к бурному и мгновенному выпадению порошкообразного никеля (явление саморазряда) и возможностью их длительной эксплуатации без замены.

Из многочисленных составов следует рекомендовать проверенный в производственных условиях раствор следующего состава и режима работы.

Хлористый никель	40—50 г/л
Хлористый аммоний	45—55 »
Лимоннокислый натрий	40—50 »
Гипофосфит натрия	10—20 »
Величина pH	8—9
Рабочая температура	80—88° С

Скорость осаждения никеля составляет 8—10 мк/час. Процесс идет с интенсивным выделением водорода на поверхности деталей.

Составление раствора заключается в растворении каждого из компонентов в отдельности, после чего их сливают вместе в рабочую ванну за исключением гипофосфита натрия.

После подогрева раствора до рабочей температуры его корректируют 25-процентным раствором аммиака до устойчивого синего цвета, приливают раствор гипофосфита натрия, завешивают детали и приступают к покрытию без предварительной проработки. Корректирование раствора производят главным образом аммиаком и гипофосфитом натрия.

Удельный расход гипофосфита натрия на 1 дм² поверхности покрытия, при толщине слоя 10 мк, составляет около 4,5 г, а никеля (в пересчете на металл) — около 0,9 г.

Основные неполадки при осаждении никеля из щелочных растворов приведены в табл. 60.

Осаждение никеля из кислых растворов. Кислые растворы характеризуются большим разнообразием добавок к растворам солей никеля

Таблица 60

Неполадки при химическом никелировании, их причины и способы устранения

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Зеленый цвет раствора, замедление осаждения	Недостаток аммиака и понижение рН	Ввести аммиак до устойчивого синего цвета
Слабое газовыделение на поверхности деталей	1. Недостаток гипофосфита 2. Низкая температура раствора	1. Ввести добавку гипофосфита 2. Подогреть раствор
Просветление раствора при сохранении синего оттенка	Недостаток хлористого никеля	Ввести добавку хлористого никеля
Отсутствие реакции в первые минуты процесса	Местное охлаждение раствора загруженными деталями	Создать покачивание деталей, подогреть раствор
Никель не осаждается при правильном составе раствора, значении рН и режиме работы	Попадание примесей других металлов в раствор, в частности меди	Сменить раствор и зарядить ванну вновь
Бурное газовыделение на стенках ванны и по всей поверхности раствора	1. Местный перегрев стенок ванны, вызывающий явление саморазряда 2. Образование наростов никеля на стенках и дне ванны	1. Перелить раствор в запасной сборник и охладить ванну 2. Слить раствор и стравить наросты никеля в азотной кислоте, разбавленной 1 : 1

Продолжение табл. 60

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Серый или темный цвет никельфосфорного покрытия	Низкая концентрация лимоннокислого натрия	Ввести добавку лимоннокислого натрия
Вздутия и отслаивание никелевого покрытия	Плохая подготовка поверхности деталей к покрытию	Стравить недоброкачественное покрытие в азотной кислоте, разбавленной 1 : 1

и гипофосфита. Так, для этой цели могут применяться уксуснокислый натрий, янтарная, винная и молочная кислоты, трилон Б и прочие органические соединения. Из числа многих составов ниже приведен раствор со следующим составом и режимом осаждения:

Сернокислый никель	28—30 г/л
Уксуснокислый натрий	10—12 »
Гипофосфит натрия	8—10 »
Величина рН	4—4,5
Рабочая температура	90—92° С

Величину рН следует корректировать 2-процентным раствором едкого натра. Скорость осаждения никеля составляет 8—10 *мк/час*.

Перегревание раствора сверх 95° С может привести к саморазряду с мгновенным выпадением темного губчатого осадка и с выбрасыванием раствора из ванны.

Корректирование раствора по концентрации входящих в него компонентов производят лишь до накопления в нем фосфита натрия в количестве до 55 *г/л*, после чего из раствора может выпасть фосфит никеля. По достижении указанной концентрации фосфита никелевый раствор сливают и заменяют новым.

Термообработка. С целью увеличения поверхностной твердости, износостойкости и прочности сцепления детали подвергают термообработке.

Наибольшее повышение твердости имеет место в диапазоне температур термической обработки 400—500° С. При выборе температурного режима следует учитывать, что для ряда сталей, прошедших закалку или нормализацию, высокие температуры не всегда допустимы. Кроме того, термообработка, проводимая в воздушной среде, вызывает появление цветов побежалости на поверхности деталей, переходящих от золотисто-желтого цвета до фиолетового. По этим причинам температуру нагрева ограничивают в пределах 350÷380° С в течение 1 часа.

Оборудование и оснастка. Для футеровки цилиндрических ванн наиболее целесообразно пользоваться съемными пластиковыми чехлами, сваренными методом горячего проглаживания. При очистке ванн растворы

выкачивают насосом, а чехлы извлекают и обрабатывают в азотной кислоте.

В качестве материала для подвесок и корзин следует применять углеродистую сталь. Изоляцию отдельных участков деталей и подвесок производят перхлорвиниловыми эмалями или пластикатом.

Для нагревания раствора ванн следует применять электрические нагреватели с передачей тепла через водяную рубашку. Термообработку деталей производят в термостатах.

Никелирование нержавеющей и кислотоупорных сталей. Подготовка поверхности нержавеющей стали марки 1X13 и ей подобных заключается в анодной обработке в ванне с 10—15-процентным раствором каустической соды при температуре электролита 60—70° С и анодной плотности тока 5—10 а/дм² в течение 5—10 мин. до образования равномерного коричневого налета без металлических просветов. Детали промывают в холодной проточной воде и декапируют в соляной кислоте (уд. вес 1,19), разбавленной вдвое, при температуре 15—25° С в течение 5—10 сек. После промывки в воде детали завешивают в ванну химического никелирования в щелочном растворе и покрывают по обычному режиму до заданной толщины слоя.

Для деталей из кислотоупорной стали типа 1X18Н9Т анодная обработка производится в хромовокислом электролите со следующим составом и режимом процесса:

Хромовый ангидрид	250 г/л
Серная кислота	2,5 »
Температура электролита	50—55° С
Анодная плотность тока	40—50 а/дм ²
Выдержка	5—7 мин.

После анодной обработки детали промывают в холодной проточной воде, декапируют в соляной кислоте, как это указано на нержавеющей стали, и завешивают в ванну никелирования.

Никелирование цветных металлов. Для осаждения никеля на ранее осажденный слой никеля детали обезжиривают, а затем декапируют в 20—30-процентном растворе соляной кислоты в течение 1 мин., после чего завешивают в ванну для химического никелирования. Детали из меди и ее сплавов никелируют в контакте с более электроотрицательным металлом, например с железом или с алюминием, используя для этой цели проволоку или подвески из этих металлов. В некоторых случаях для возникновения реакции осаждения достаточно создать кратковременное касание железного прута к поверхности медной детали.

Для никелирования алюминия и его сплавов детали подвергают двукратной цинкатной обработке, как и перед гальваническим никелированием. Полученное покрытие весьма непрочно связано с алюминием и для получения прочного сцепления детали в течение 1—2 час. прогревают путем погружения их в смазочное масло при температуре 220—250° С.

После термообработки детали обезжиривают растворителями и, по мере необходимости, протирают, полируют или подвергают другим видам механической обработки.

8. Контроль качества покрытий и исправление брака

Контроль гальванических никелевых покрытий производят по внешнему виду, по прочности, сцепления, по толщине и пористости.

Для деталей, покрытых матовым слоем никеля до полирования, никель должен быть светлым, с допускаемой разницей оттенков. Допускается также наличие рисок, царапин, отдельных шероховатостей и несквозных пор, легко устраняемых при последующем полировании.

Полированные никелевые покрытия должны иметь равномерный блеск и не иметь дефектов, ухудшающих декоративный вид и снижающих коррозионную стойкость покрытия.

Прочность сцепления полируемых никелевых покрытий выявляют в самом процессе полирования.

Для неполируемых покрытий проверку производят путем нанесения глубоких пересекающихся царапин, достигающих до основного металла. Применяется также полирование до основного металла или опилование никеля на отобранном образце по торцу. Тонкостенные листовые изделия проверяют многократным изгибанием на 180° до излома.

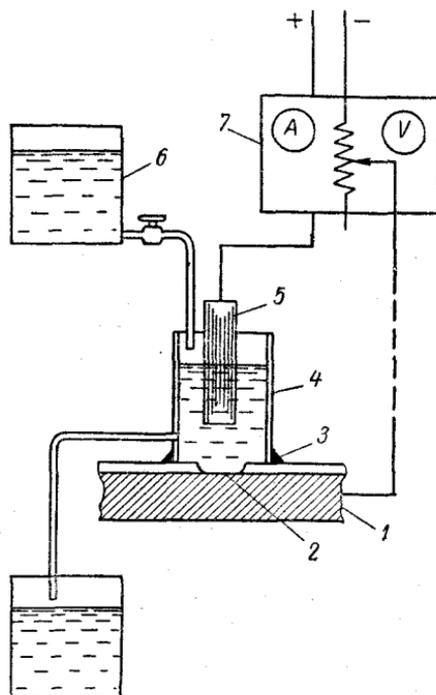
Анодное растворение забракованных гальванических никелевых покрытий производят в электролите, состоящем из серной кислоты, разбавленной до уд. веса 1,6 при температуре $15-25^\circ \text{C}$ и анодной плотности тока $5-10 \text{ а/дм}^2$. Катоды изготовляют из свинца.

Для местного исправления никелевых покрытий на больших поверхностях забракованный участок полируют до основного металла изделия, после чего производят наращивание меди и никеля, используя для этого установку, указанную на фиг. 41.

Определение толщины и пористости никелевого покрытия описано в гл. XIV.

К числу недостатков никельфосфорного покрытия, осажденного химическим путем, следует отнести частое отслаивание, питтинги и недостаточную толщину. Удаление покрытия производят стравливанием в азотной кислоте, разбавленной водой 1 : 1.

Недостаток толщины исправляют путем повторного наращивания с предварительным декапированием покрытия в разбавленной соляной кислоте.



Фиг. 41. Схема установки для местного исправления брака:

1—изделия; 2—дефектный участок; 3—пластилин; 4—стеклянная трубка; 5—никелевый анод; 6—сборник электролита; 7—электрощит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер В. И., Кудрявцев Н. Т., Основы гальваностегии, ч. I, Машгиз, М., 1953.
 2. Ямпольский А. М., Современная технология никелирования, Лениздат, 1950.
 3. Гольдштейн М. Е., Электролитическое осаждение сплава никель-фосфор, ВИНТИ, № М-58-132/14, М., 1958.
 4. Бибииков Н. Н., Иванова Е. В., Химическое никелирование, ЛДНТП, 1959.
-

ГЛАВА IX

ХРОМИРОВАНИЕ И ЖЕЛЕЗНЕНИЕ

1. Свойства хрома и применение хромовых покрытий

Электролитический хром — металл серебристо-белого цвета с синеватым оттенком. Удельный вес электролитического хрома $6,9 \div 7,1$, температура плавления 1530° . Электролитический хром обладает рядом ценных физико-химических свойств, благодаря которым он широко используется в промышленности. Твердость электролитического хрома, выраженная в единицах Бринеля, достигает $1000-1100 HB$, что значительно превышает твердость закаленной стали. Большая твердость наряду с низким коэффициентом трения, жаростойкостью, высокой коррозионной стойкостью и другими свойствами обуславливают высокую износостойкость хромированных деталей.

Коррозионная стойкость. Хром обладает большой стойкостью против воздействия многих кислот и щелочей: он не растворяется в слабых растворах азотной и серной кислот; в соляной и горячей концентрированной серной кислоте хром легко растворяется. На воздухе и под действием окислителей хром пассивируется за счет образования окисной пленки. Благодаря этому хром имеет более положительный потенциал, чем потенциал железа и хромовое покрытие не обеспечивает стальным деталям электрохимической защиты от коррозии (лишь при отсутствии пор оно может служить надежным защитным покрытием).

Декоративные свойства. Хромированные изделия отличаются высокими декоративными качествами, отличаясь от никеля синеватым оттенком. Хромовые покрытия сохраняют свой вид, не окисляясь, при нагревании до $450-500^\circ C$.

Полированные хромовые покрытия обладают хорошей отражательной способностью, уступая в этом отношении лишь серебру, которое, однако, со временем темнеет и его отражательная способность падает, в то время как хромовые покрытия сохраняют первоначальный вид.

Применение хромовых покрытий. Хромирование изделий широко распространено в промышленности вследствие ценных свойств хрома.

Защитно-декоративное хромирование применяется для отделки деталей автомобилей, приборов, медицинских инструментов, фотоаппаратов, изделий массового потребления и многих других.

Износостойкое хромирование применяется для повышения эксплуатационных свойств режущих и мерительных инструментов, инструментов для холодной обработки металлов, пресс-форм, а также с целью восстановления изношенных деталей при ремонте оборудования.

Толщина хромовых покрытий устанавливается в зависимости от назначения изделий. В табл. 61 представлены рекомендуемые толщины хромовых покрытий.

Дополнительные аноды следует перфорировать для лучшего перемешивания электролита в замкнутом пространстве и отвода выделяющихся газов.

С целью предохранения выступающих участков и углов деталей от обрастания хромом завышенной толщины применяют металлические и неметаллические экраны, как показано на схемах фиг. 42.

Принимая во внимание значительные по величине токи при хромировании, токонесящие части подвесных приспособлений должны иметь достаточно большое сечение.

Удаление жировых загрязнений с поверхности изделий, подлежащих хромированию, необходимо выполнять, применяя обычные методы электрохимического обезжиривания.

Тонкостенные закаленные детали во избежание наводороживания следует обезжиривать на аноде или же применять химическое обезжиривание. Если детали имеют изоляцию, нестойкую к воздействию щелочных растворов, то операцию обезжиривания осуществляют протиркой кашицей из венской извести.

Декапирование деталей из черных металлов (сталь, чугун) производят непосредственно в хромовой ванне. Для этого детали вначале выдерживают в электролите для прогрева без тока, а затем в течение 20—30 сек. дается ток обратного направления (анодное декапирование), после чего переключением тока «на катод» начинают осаждение хрома. Анодная плотность тока устанавливается в пределах $25 \div \pm 40$ а/дм².

Декапирование чугуна с высоким содержанием кремния рекомендуется производить в 5-процентном растворе плавиковой кислоты в течение 2—4 мин. с последующим протиранием поверхности (для удаления шлама) и промывкой в холодной воде.

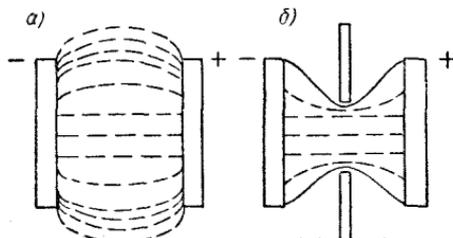
3. Электролиты хромирования

Основным компонентом электролитов хромирования является хромовый ангидрид, расход которого (вследствие работы с нерастворимыми анодами) должен непрерывно пополняться. В качестве анодов применяется свинец или его сплав с 5% сурьмы.

Низкий выход по току обуславливает выделение значительного количества водорода, частично проникающего в основной металл или подслои, вызывая сильное наводороживание, которое иногда приводит к отслаиванию покрытий или появлению трещин в основном металле. В целях частичного удаления водорода изделия после хромирования рекомендуется прогревать в масле или на воздухе при температуре 170—180° С в течение 0,5—1,5 час.

Наибольшее практическое применение получили электролиты, приведенные в табл. 62.

Характеристика электролитов. Основные компоненты хромовых электролитов — хромовый ангидрид и серная кислота. Важной характеристикой



Фиг. 42. Распределение линий тока: а — без экрана; б — с экраном.

Таблица 62

Составы электролитов хромирования и режимы осаждения хрома

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Хромовый ангидрид . . .	г/л	250	250—300	350—400
Серная кислота	»	2,5	—	1,5—2,0
Стронций сернокислый . .	»	—	6	—
Кремнефтористый калий	»	—	20	—
Едкий натр	»	—	—	40—60
Температура электролита	°С	45—72	50—70	18—22
Плотность тока	а/дм ²	15—100	40—100	40—80
Выход по току	%	12—15	18—20	20—30

этих электролитов является отношение между количествами хромового ангидрида и серной кислоты, поддерживаемое примерно равным 100. Электролит № 1 (стандартный электролит) применяется для декоративного, твердого и пористого хромирования. В зависимости от режимов хромирования получают покрытия с различными свойствами (см. условия хромирования).

Электролит № 2 (саморегулирующийся) содержит трудно растворимую соль сернокислого стронция, которая, находясь в электролите в избытке, обеспечивает постоянное отношение количества хромового ангидрида к аниону SO_4^{--} . Электролит № 2 более сложен по составу, однако обеспечивает осаждение хрома с более высоким выходом по току и хорошей рассеивающей способностью. Электролит применяется при размерном, износостойком и защитно-декоративном хромировании.

Электролит № 3 (тетрахроматный электролит) обладает более высокой, чем остальные электролиты, рассеивающей способностью. Хром осаждается при низкой температуре с высоким выходом по току. Осадки хрома матовые, легко полируются; твердость покрытия низкая. Корректирование электролита более сложное, чем в ваннах № 1 и 2. Применяется для защитно-декоративных покрытий стальных деталей.

Продолжительность хромирования может быть определена с помощью табл. 63, в которой представлена зависимость времени выдержки от плотности тока при различных значениях выхода по току.

Приготовление электролитов. Для приготовления стандартного электролита раздробленные куски хромового ангидрида загружаются в ванну, наполненную водопроводной водой, подогретой до 60—80° С. В случае, если вода имеет большую жесткость и содержит много железа, применяют конденсат. Растворение хромового ангидрида ведут при непрерывном помешивании. Полученный раствор тщательно перемешивают и определяют

Таблица 63

Скорость осаждения хрома в мк/час

Плотность тока в a/dm^2	Выход по току в %				
	13	15	18	20	22
10	6,1	7,0	8,4	9,4	10,4
15	9,1	10,5	12,6	14,1	15,6
20	12,2	14,0	16,8	18,8	20,8
30	18,3	21,0	25,2	28,2	31,2
50	30,5	35,0	42,0	47,0	52,0
80	48,8	56,0	67,3	75,2	83,2
100	61,0	70,0	84,0	94	104

его концентрацию по удельному весу с помощью ареометра. В табл. 8 представлены данные концентрации хромового ангидрида в зависимости от удельного веса. Серная кислота вводится в электролит из расчета $\frac{1}{2}$ требуемого количества, так как технический хромовый ангидрид всегда содержит некоторое количество серной кислоты. После химического анализа добавляют необходимое по составу количество серной кислоты.

Для приготовления саморегулирующегося электролита к раствору хромового ангидрида прибавляют смешанные с отдельными порциями воды сернокислый стронций и кремнефтористый калий. Затем электролит тщательно перемешивают и ставят на проработку током при температуре 45—60° С и катодной плотности тока 4—6 a/dm^2 . Проработку электролита производят в течение 4—5 час. при поверхности катодов, значительно превосходящей поверхность анодов.

Приготовление тетрахроматного электролита. Вначале растворяют хромовый ангидрид и анализом определяют содержание в растворе сульфатов. Едкий натр растворяют в отдельной порции воды и осторожно приливают к раствору хромового ангидрида. После охлаждения раствора в него вводят недостающее количество серной кислоты. Для образования некоторого количества трехвалентного хрома к электролиту добавляют сахар из расчета 1 г/л. Проработка электролита током в этом случае не требуется.

4. Условия хромирования в стандартном электролите

Внешний вид осадков хрома зависит от примененного режима электролиза. Изменяя температуру электролита и катодную плотность тока, можно получать блестящие и молочные осадки хрома. В стандартном электролите при средней температуре 45—65° С и большом интервале плотностей тока осаждается блестящий хром, при более высоких температурах электролита (выше 65° С), а также широком диапазоне плотностей тока хромовые покрытия имеют молочный оттенок.

Защитно-декоративное хромирование. Декоративное покрытие хромом обычно производится по никелевому подслою или наносится непосред-

ственно на детали из медных сплавов. Режим хромирования в стандартном электролите следующий:

Температура электролита	48—50° С
Катодная плотность тока	15—25 а/дм ²

Осадки хрома при этом получаются блестящими, требующими легкого глянцеваания на матерчатых кругах.

Износостойкое (твердое) хромирование. Стальные детали, работающие в условиях трения и больших удельных нагрузок, подвергаются хромированию по режиму блестящего хромирования:

Температура электролита	54—56° С
Катодная плотность тока	30—50 а/дм ²

При осаждении слоя хрома большой толщины (более 5 мк) рекомендуется следующий режим:

Температура электролита	66—68° С
Катодная плотность тока	80—100 а/дм ²

Молочное хромирование. Для стальных деталей, подвергающихся механическому износу при одновременном воздействии агрессивной среды, рекомендуется покрытие молочным хромом по режиму:

Температура электролита	70+1° С
Катодная плотность тока	25—35 а/дм ²

Комбинированное хромирование. Комбинированное хромирование обеспечивает получение покрытия с минимальной пористостью и высокими антикоррозионными свойствами. Хромирование производят в двух ваннах: в первой ванне по режиму молочного хромирования, т. е. при температуре 70° С и плотности тока 30 а/дм², во второй ванне, куда детали переносятся без промывки, по режиму блестящего хромирования: при температуре 50° С и катодной плотности тока 40—50 а/дм².

Толщина молочного осадка хрома — 15—20 мк, толщина блестящего осадка хрома — 35 мк.

Основные неполадки, встречающиеся при хромировании, перечислены в табл. 64.

Основные неполадки при осаждении покрытия из тетрахроматного электролита представлены в табл. 65.

Корректирование электролита. Корректирование электролита производится на основании данных химического анализа, а также на основании перечисленных в табл. 65 неполадок.

Низкая концентрация компонентов в электролите легко устраняется соответствующим добавлением недостающего компонента. При повышенном содержании в электролите отдельных компонентов или накоплении вредных примесей поступают следующим образом.

1. Избыток серной кислоты устраняют добавлением кашицы углекислого бария, которую вводят в электролит при энергичном помешивании.

2. Накопление трехвалентного хрома в количестве более 10 г/л устраняют проработкой электролита током при большой поверхности анодов и малой поверхности катода.

3. При накоплении в электролите железа более 10 г/л следует частично заменить электролит, используя загрязненный железом электролит для приготовления растворов-пассиваторов.

Таблица 64

Основные неполадки при хромировании

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Хром не осаждается на деталях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плохой контакт детали с подвеской 2. Детали экранируют друг друга 3. Мала плотность тока 4. Высокая температура электролита 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Улучшить контакт детали с подвеской 2. Изменить расположение деталей на подвеске 3. Повысить плотность тока 4. Снизить температуру электролита
Хром не осаждается даже в малых углублениях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Избыток серной кислоты 2. Наличие в электролите железа более 8 г/л 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ввести в электролит углекислый барий 2. Произвести частичную замену электролита
На покрытии коричневые пятна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаток серной кислоты 2. Избыток трехвалентного хрома 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить серную кислоту 2. Проработать электролит при большой анодной поверхности
Неравномерное покрытие — «загар» на одних частях поверхности и отсутствие покрытия на других	Образование пленки хроматов свинца на отдельных анодах	Очистить аноды стальной щеткой
Покрытие матовое, трудно полируется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаток хромового ангидрида 2. Велика плотность тока 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить хромовый ангидрид 2. Снизить плотность тока

Продолжение табл. 64

Характер дефекта	Причины дефектов	Способы устранения
<p>Покрытие матовое, трудно полируется</p>	<p>3. В электролите находятся во взвешенном состоянии твердые частицы</p> <p>4. Избыток трехвалентного хрома</p>	<p>3. Декантировать электролит</p> <p>4. Проработать электролит током при большой анодной поверхности</p>
<p>Покрытие пятнистое</p>	<p>1. Окисление никелевого подслоя при его полировании</p> <p>2. Изделие плохо прогрето в электролите</p> <p>3. Перерыв тока в процессе хромирования</p>	<p>1. Декапировать детали в пятипроцентном растворе соляной кислоты</p> <p>2. Выдержать детали в электролите без тока</p> <p>3. Устранить причины, вызывающие перерыв процесса</p>
<p>Отслаивание покрытия</p>	<p>1. Значительное наводороживание или плохая подготовка поверхности изделий при никелировании</p> <p>2. Перерыв в подаче тока</p> <p>3. Деталь изготовлена из сплава с большим содержанием хрома или наличие хромового покрытия на поверхности</p> <p>4. Недостаточное обезжиривание и декапирование</p>	<p>1. Улучшить качество никелирования</p> <p>2. Исключить перерыв тока</p> <p>3. Заменить материал детали</p> <p>4. Улучшить подготовку поверхности</p>

Продолжение табл. 64

Характер дефекта	Причины дефектов	Способы устранения
На выступающих частях изделия утолщение покрытия	Недостаточное (или отсутствие) экранирование	Усилить экранирование деталей
Не покрытые хромом внутренние участки поверхности деталей	1. Неправильно смонтирован дополнительный анод 2. Образование газовых мешков	Устранить дефекты монтажа деталей на приспособлениях
Крупные поры в покрытии	Раковины и поры в основном металле	Повысить качество поверхности шлифованием

Таблица 65

Основные неполадки тетрахроматного электролита

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Образование подгаров на краях деталей	1. Слишком высокая плотность тока 2. Концентрация сульфатов выше 2,5 г/л 3. Низкая концентрация хромового ангидрида и избыток едкого натра 4. Повышенная концентрация трехвалентного хрома	1. Снизить плотность тока 2. Снизить концентрацию сульфатов добавлением углекислого бария 3. Добавить хромовый ангидрид 4. Проработать электролит током при большой анодной поверхности

Продолжение табл. 65

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Осадки хрома темно-серого цвета	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заниженная концентрация сульфатов 2. Высокая концентрация трехвалентного хрома 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавить серную кислоту 2. Проработать электролит током при большой анодной плотности
Осадки хрома твердые и плохо поддаются полированию	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая температура электролита ($>30^{\circ}\text{C}$) 2. Чрезмерно высокая (350—400 г/л) или низкая (80 г/л) концентрация хромового ангидрида 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить температуру электролита 2. Довести содержание хромового электролита до нормы
Отдельные участки деталей не покрываются хромом	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слишком низкая плотность тока 2. Низкая концентрация хромового ангидрида 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повысить плотность тока 2. Добавить хромовый ангидрид

5. Особые методы хромирования

Пористое хромирование. Покрытие в виде пористого хрома наносится на поверхность деталей, подвергающихся истиранию при больших механических нагрузках и нуждающихся в хорошей смазке.

Обычные хромовые покрытия плохо смачиваются маслами, но наличие в покрытии сетки пор и каналов улучшает условия смазки трущихся участков поверхности.

Пористое хромирование применяют для покрытия цилиндров или поршневых колец двигателей внутреннего сгорания и других подобных им деталей, работающих при трении.

Так называемые каналы пористого хрома создаются в покрытии посредством анодной обработки деталей после их хромирования. При этом происходит растворение хрома преимущественно по границам тончайших трещин, образующихся в хrome еще при его осаждении. В результате этого ширина трещин постепенно увеличивается. Анодная обработка производится в той же ванне, где осаждался хром.

При размерном хромировании анодная обработка происходит сразу же после окончания процесса осаждения. В том случае, когда хромовое покрытие требует дополнительной обработки (шлифование, доводка, хонингование), анодное травление выполняют после механической отделки.

Поршневые кольца хромируют обычно по первому варианту, тогда как цилиндры по второму.

Анодная обработка (травление) для получения пористости в покрытии осуществляется при плотности тока $D_a = 30-50 \text{ а/дм}^2$ в течение 7—9 мин.

Размерное хромирование. Осаждение хрома с заданной толщиной слоя и равномерным распределением его по поверхности детали является весьма сложной задачей, так как процесс хромирования отличается исключительно большой неравномерностью распределения покрытия. Задача размерного хромирования решается посредством применения приспособлений, которые предусматривают экранирование выступающих участков, углов и краев детали.

Для устранения эллиптичности (если деталь цилиндрическая) периодически поворачивают деталь или же размещают аноды таким образом, чтобы от любой точки детали до анодов было равное расстояние.

Большой эффект дает применение неметаллических экранов.

На фиг. 42 показана схема, иллюстрирующая характер распределения линий тока при установленном экране. В качестве экранов рекомендуются текстолит, винипласт, органическое стекло, полиэтилен и т. п.

Черное хромирование. Для декоративной отделки деталей, а также для получения износостойкого черного покрытия, не отражающего свет, производят хромирование в электролите следующего состава и режима работы:

Хромовый ангидрид	250 г/л
Уксусная кислота (ледяная)	6 мл/л
Температура электролита	20—40° С
Катодная плотность тока	300—400 а/дм ²
Продолжительность хромирования	4—6 мин.

Осаждение черного хрома производится после нанесения обычного хромового покрытия требуемой толщины.

Хромирование алюминия. Хромирование алюминиевых сплавов применяют с целью увеличения износостойкости деталей, например цилиндров мотоциклетных двигателей, деталей точных приборов и т. п., а также для защитно-декоративной отделки.

Хромовое покрытие осаждается непосредственно на алюминиевой детали или же на предварительно нанесенном никелевом подслое, толщина покрытия при этом может изменяться от 0,5 до 80 мк (при толщине никеля 20—25 мк).

При защитно-декоративном хромировании толщина хрома устанавливается 0,5—2,0 мк.

Особенностью технологии хромирования изделий из алюминия и его сплавов является совокупность подготовительных операций, обеспечивающих удаление окисных пленок с поверхности и получение прочного сцепления покрытия с основным металлом детали. Хромирование осуществляется в обычном по составу и режиму электролите и обеспечивающем получение блестящих хромовых покрытий. (Последовательность технологических операций при покрытии алюминия и их описание приведены в гл. VIII настоящего издания.)

6. Контроль качества и удаление дефектных покрытий

Качество хромового покрытия определяют в первую очередь по внешнему виду: покрытие должно быть гладким, без шишковатых наростов и подгаров.

Размеры деталей, подлежащих размерному хромированию, проверяются стандартными мерительными инструментами до и после хромирования с целью определения толщины осажденного хрома. Качество пористого хрома оценивается по эталонному образцу осмотром покрытия через лупу с 30-кратным увеличением. Местная толщина слоя хромовых защитно-декоративных покрытий определяется химическими или физическими методами контроля. Удаление дефектных хромовых покрытий осуществляется химическим или электрохимическим способом. Химический способ удаления хромового покрытия состоит в растворении его в соляной кислоте, разбавленной в отношении 1 : 1, при температуре раствора 25—35° С.

При электрохимическом способе хромовое покрытие удаляют анодным растворением в электролите, содержащем едкий натр в количестве 150—200 г/л. Режим электролиза следующий:

Температура электролита	18—30° С
Анодная плотность тока	10—15 а/дм ²

Электрохимическое растворение покрытия необходимо производить главным образом в тех случаях, когда возникает опасность значительного наводороживания деталей, например при удалении покрытия с чугунных поршневых колец или тонкостенных каленых деталей.

7. Свойства железа и применение железнения

Электролитическое железо — металл светло-серого цвета с серебристым оттенком; уд. вес 7,71; температура плавления 1650° С.

Электролитически осажденное железо обладает значительной твердостью (200—300 НВ), которая в зависимости от условий электролиза может изменяться.

В атмосфере влажного воздуха железо окисляется, поэтому защитно-декоративным покрытием служить не может. Железнение относится к категории специальных покрытий и применяется в полиграфической промышленности для увеличения срока службы стереотипов, клише и печатных досок. Методом железнения восстанавливают размеры изношенных деталей сельскохозяйственных машин и трущихся деталей станков. Для повышения поверхностной твердости железные детали подвергают цементации с последующей закалкой.

Электролитическое железнение применяют также для покрытия пластинок твердого сплава перед напайкой их на инструмент. При этом слой осажденного железа увеличивает прочность сцепления пластинки твердого сплава с телом инструмента, служит амортизатором при работе инструмента и при пайке предохраняет от окисления твердый сплав.

Толщина слоя осаждаемого железа принимается: для стереотипов — 20—100 мк; для пластинок твердого сплава — 150—250 мк; для восстановления изношенных деталей — 2 мм, а иногда и более.

8. Электролиты железнения

В табл. 66 приведены наиболее распространенные в практике электролиты железнения и указаны режимы осаждения покрытия.

Электролит № 1 рекомендуется использовать для осаждения тонких покрытий. Его основное преимущество заключается в возможности эксплуатации без нагрева. Электролит № 2 обеспечивает получение более пластичных осадков железа с достаточно большой скоростью осаждения покры-

Таблица 66

Электролиты железнения и режимы электролиза

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3	Электролит № 4
Сернокислое железо	г/л	140—200	—	240—260	300
Сернокислый магний	»	125—200	—	—	—
Хлористое железо	»	—	350—500	—	—
Хлористый натрий	»	—	80—90	45—55	150
Серная кислота	»	1,5—2,0	—	—	—
Соляная кислота	»	—	0,2—2,0	До pH-2,5	0,4—0,7
Температура электролита	°С	25	90—100	98—100	95—98
Катодная плотность	а/дм ²	0,1	5—20	4—6	10—15
Выход по току . .	%	96	90—95	90—95	90

тия. Рекомендуется для восстановления изношенных деталей. Электролит № 3 применяется для покрытия твердосплавных пластинок. Электролит № 4 используется в полиграфии для железнения стереотипов.

В качестве анодов применяют электролитическое железо или малоуглеродистую сталь Армко. Аноды необходимо заключать в чехлы из стеклянной ткани.

Скорость осаждения железа представлена в табл. 67.

Таблица 67

Скорость осаждения железа в мк/час

Плотность тока в а/дм ²	Выход по току в %		
	90	95	98
0,1	1,1	1,2	1,3
0,2	2,3	2,5	2,6
0,5	5,6	6,2	6,4
1,0	11,5	12,4	13,0
5,0	56,0	62,0	64,0
10,0	115	124	130
20	230	250	260

Приготовление электролитов. Серноокислые электролиты железнения готовятся непосредственным растворением серноокислого (закисного) железа в рабочей ванне. Для приготовления хлористых электролитов вначале получают закисную соль железа путем восстановления хлорного железа или растворения железной стружки в соляной кислоте.

Получение хлористого железа путем восстановления хлорного железа состоит в следующем. В раствор, содержащий 400—500 г/л хлорного железа и 150—200 мл соляной кислоты (уд. вес 1,19), загружают избыточное количество стружки малоуглеродистой стали. Раствор подогревают до температуры 40—50° С. По окончании газовой выделения процесс прекращают. Приготовленный раствор хлористого железа, концентрация которого составляет 600—800 г/л, фильтруют через полотняные фильтры, анализируют на содержание хлористого железа и заливают в рабочую ванну.

Второй способ получения хлористого железа заключается в растворении железной стружки в соляной кислоте. Для этого в фарфоровый бачок с разбавленной в отношении 2 : 1 соляной кислотой (уд. вес 1,19) загружается избыточное количество железной стружки. Полученный нейтральный раствор фильтруют и после анализа на содержание хлористого железа — используют для приготовления электролита.

В процессе приготовления электролита следует избегать попадания в него железа в трехвалентной форме, меди и хрома; присутствие в электролите этих веществ ухудшает качество покрытия. Основные неполадки, встречающиеся при железнении, перечислены в табл. 68.

Таблица 68

Основные неполадки электролитов железнения

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Отслаивание покрытия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плохая подготовка поверхности деталей перед покрытием 2. Перерыв тока в процессе электролиза 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Улучшить качество травления и обезжиривания 2. Устранить перерыв тока в процессе электролиза
Темные осадки на отдельных участках	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенная кислотность электролита 2. Присутствие в электролите солей меди, хрома, трехвалентного железа 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подщелочить электролит 2. Проработать электролит при плотности тока 0,8—1,5 а/дм² до получения светлых осадков

Продолжение табл. 68

Характер дефектов	Причины дефектов	Способы устранения
Темные полосы на поверхности покрытия при наличии значительной хрупкости осадка	Попадание в электролит примесей органического происхождения	Проработать электролит при плотности тока 1,5—2,0 а/дм ²
Точечная пористость (питтинг) на покрытиях	1. Задержка пузырьков водорода на поверхности вследствие неправильного завешивания деталей 2. Повышенная кислотность электролита	1. Изменить расположение деталей на приспособлении 2. Снизить кислотность добавкой едкого натра
Шероховатость покрытия	Загрязнение электролита механическими примесями	Отфильтровать электролит через стеклоткань

9. Контроль качества и удаление дефектных покрытий

Контроль качества железных покрытий осуществляют визуальным осмотром. Толщина покрытия, учитывая ее большую величину, определяется непосредственным замером с помощью стандартного мерительного инструмента.

Удаление дефектных покрытий производится механической обработкой: точением, шлифованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкез М. Б., Библиотечка гальванотехника, вып. 6, Хромирование и железнение, Машгиз, 1961.
2. Рябой А. Я., Шлугер М. А., Электролитическое хромирование в холодном тетраамратном электролите, МДНТИ, 1958.
3. Левитский Г. С., Хромирование деталей машин и инструментов, Машгиз, 1951.

Г Л А В А X

ОСАЖДЕНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

1. Серебрение

Серебро — ковкий, пластичный металл с уд. весом 10,49 и температурой плавления $960^{\circ},5$ С. Нормальный потенциал серебра $+0,81$ в; поэтому серебро не принадлежит к числу активных металлов, на воздухе не тускнеет и долго сохраняет приятный внешний вид, но под действием сероводорода темнеет.

Серебро легко растворяется в азотной кислоте, слабо — в серной и практически нерастворимо в соляной кислоте и в щелочах. Анодное растворение серебра в цианистых растворах протекает беспрепятственно, что используется для его электрополирования. Серебро легко полируется и в полированном состоянии обладает хорошей отражательной способностью.

Серебрение применяется в электропромышленности для создания высокой электропроводности, для изделий пищевой и художественной промышленности, для отражательных устройств и в других областях промышленности.

В соответствии с ГОСТ 2249—43 толщина серебряных покрытий в легких условиях атмосферной коррозии должна быть не менее 5 мк, в средних условиях не менее 10 мк и в жестких — не менее 20 мк.

2. Цианистые электролиты серебрения

Непосредственное серебрение деталей из черных металлов невозможно. Поэтому серебрение латунных, медных и предварительно медненных стальных деталей осуществляют обычно из цианистых электролитов по следующей схеме.

1. Промывка или протирка с растворителями.
2. Монтаж на подвески.
3. Катодное электрообезжиривание.
4. Промывка в горячей воде.
5. Химическое декапирование в серной или соляной кислоте или же анодное декапирование в слабом растворе цианистого калия.
6. Промывка в холодной проточной воде.
7. Амальгамирование или предварительное серебрение в электролите с малым содержанием серебра и с высокой концентрацией свободного цианистого калия. Для этой цели применяют, например, следующий состав электролита и режим осаждения:

Цианистая комплексная соль серебра (в пересчете на металлическое серебро) 0,8—1,5 г/л

Цианистая комплексная соль меди (в пересчете на металлическую медь)	6,0—7,5 г/л
Цианистый калий (свободный)	50—60 »
Температура электролита	15—25° С
Катодная плотность тока	0,1—0,2 а/дм ²
Выдержка	5—10 мин.

Осаждение ведут с применением никелевых анодов и при завеске деталей под током.

8. Промывка в непроточной холодной воде (улавливание).

9. Серебрение. Для него применяют один из электролитов, приведенных в табл. 69.

Таблица 69

Составы электролитов и режимы для цианистых электролитов серебрения

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2	Электролит № 3
Комплексная соль серебра (в пересчете на металл)	г/л	30—40	35—45	30—40
Цианистый калий	»	35—45	45—60	40—45
Углекислый калий	»	—	30—50	45—50
Едкое кали	»	—	—	8—15
Температура электролиза	°С	15—25	15—25	40—50
Катодная плотность тока	а/дм ²	0,1—0,2	0,8—1,2	До 10

10. Первая промывка в холодной непроточной воде (улавливание).

11. Вторая промывка в холодной непроточной воде (улавливание).

12. Отделочная обработка (пассивирование, оксидирование).

13. Промывка в холодной проточной воде.

14. Промывка в горячей воде.

15. Сушка.

16. Контроль.

Электролит № 1 используют при небольшом объеме работ; электролит № 2 применяется с реверсированием тока; электролит № 3 используют для покрытия проволоки и ленты с механическим перемешиванием.

Для всех электролитов при выходе по току, близком к 100%, скорость осаждения серебра при плотности тока 0,1 а/дм² равна 3,8 мк/час.

3. Нецианистые электролиты серебрения

Из многих составов нецианистых электролитов промышленное применение получили железистосинеродистые и йодистые, имеющие по несколько вариантов составов. Характеристика железистосинеродистых электролитов приведена в табл. 70.

Таблица 70

Составы электролитов и режимы осаждения для железистосинеродистых электролитов серебрения

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2
Хлористое серебро свежесажненное	г/л	3—15	30—40
Железистосинеродистый калий . . .	»	6—30	150—200
Сода кальцинированная	»	6—30	—
Поташ	»	—	15—20
Температура электролита	°С	15—25	15—80
Катодная плотность тока	а/дм ²	0,1	1,0—1,5

При составлении железистосинеродистых электролитов исходные компоненты сливают вместе и кипятят, защитив от света, не менее 2—3 час., после чего удаляют образующийся коричневый осадок гидрата окиси железа и приступают к работе.

Условия осаждения серебра из йодистых электролитов приведены в табл. 71.

Таблица 71

Составы электролитов и режимы осаждения для йодистых электролитов серебрения

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Электролит № 1	Электролит № 2
Хлористое серебро свежесажненное	г/л	20—25	—
Сернистое серебро	»	—	25—35
Йодистый калий	»	300—400	600—650
Пирофосфорнокислый калий	»	—	40—50
Аммиак 25-процентный (водный раствор)	мл/л	—	60—75
Температура электролита	°С	15—25	20—30
Катодная плотность тока	а/дм ²	0,15—0,25	0,05—0,30

Ввиду высокой стоимости йодистого калия йодистые электролиты применяют главным образом для лабораторных работ.

4. Химическое серебрение

При серебрении стекла, керамики и пластмасс применяется химический способ, основанный на восстановлении серебра (выделении его) из растворов его комплексных солей. В качестве восстановителей применяют растворы сахара или триэтаноламина. Чем медленнее протекает процесс осаждения серебра, тем более плотным и блестящим получается покрытие. Наиболее часто применяются следующие условия серебрения.

1-й вариант. 4—5 г азотнокислого серебра растворяют в 100 мл дистиллированной воды, затем по каплям приливают 25-процентный раствор аммиака до растворения выпавшего осадка, а также 5 г отдельно растворенного едкого кали. Помутнение устраняют аммиаком, после чего раствор разбавляют водой до 1 л. Допускается хранение раствора в темном месте не более суток.

Отдельно в кипящей воде растворяют 80—90 г сахара, добавляют 2—3 мл серной кислоты, кипятят 3—5 мин. и доводят объем раствора до 1 л.

Перед серебрением детали тщательно обезжиривают известковым раствором, погружают на 2—3 сек. в слабый раствор хлористого олова, промывают дистиллированной водой и укладывают в ванночки для серебрения.

Осаждение серебра происходит при смешении аммиачного раствора серебра с сахарным, непосредственно перед серебрением. Процесс идет без подогрева в течение 5—10 мин. Работа с ним требует осторожности в связи с возможностью образования гремучего серебра, распадающегося со взрывом.

2-й вариант. Другой путь выделения серебра вполне безопасен, но также требует составления двух растворов, из которых один содержит 10% азотнокислого серебра и подкислен 1—2 каплями азотной кислоты, а второй — 10% триэтаноламина.

Восстановление идет при смешении 25 объемов первого раствора с 10 объемами второго и постепенным добавлением второго раствора до растворения осадка. Процесс идет очень медленно и может длиться 20—25 час.

5. Пассивирование и окончательная отделка серебряных покрытий

Химическое пассивирование для предохранения серебряных покрытий от окисления и образования сернистых соединений производят в 1-процентном растворе хромпика, без подогрева, в течение 20 мин.

Чернение под старое серебро производят раствором серной печени, которую готовят в цехе сплавлением одной весовой части серы с двумя частями поташа в течение 15—20 мин. Полученную массу растворяют в теплой воде в количестве 20—30 г/л, раствор подогревают до 60—70° С и погружают в него на 2—3 мин. обезжиренные детали или наносят раствор кисточкой и сушат, после чего крацуют латунными щетками. Основные неполадки при серебрении приведены в табл. 72.

Таблица 72

Основные неполадки при серебрении в цианистых электролитах

Характер дефектов	Возможная причина дефектов	Способы устранения
Слой серебра на деталях темный и пятнистый. Аноды покрыты темным налетом	Мала концентрация свободного цианистого калия в электролите	Произвести анализ электролита, после чего добавить в него цианистый калий
Слой серебра на деталях темный и пятнистый. Аноды светлые	<ol style="list-style-type: none"> 1. Накопление в электролите взмученного анодного шлама или ионов других металлов 2. Прикатодный слой электролита быстро обедняется серебром 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отфильтровать электролит. Ввести добавку 1—2 мл/л аммиака или 1—2 г/л гипосульфита 2. Применить перемешивание электролита
Серебряные покрытия шелушатся или отслаиваются во время полирования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недоброкачественная подготовка к покрытию 2. Детали находились в растворе для амальгамирования больше установленного времени 3. Мала концентрация серебряных солей в электролите 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверить качество подготовки 2. Сократить выдержку при амальгамировании до 3—5 сек. 3. Дать электролит на анализ, после чего добавить соли серебра
Хрупкий слой серебра интенсивное выделение водорода на деталях. Аноды светлые	Чрезмерно высокая концентрация свободного цианистого калия в электролите	Проверить анализом содержание цианистого калия и добавить соли серебра

Продолжение табл. 72

Характер дефектов	Возможная причина дефектов	Способы устранения
Слой серебра рыхлый и крупнокристаллический	Высокая катодная плотность тока	Проверить и снизить плотность тока на катоде
Питтинг в форме точек или стрелок	Задержка пузырьков водорода на деталях	Встряхивание деталей со штангой или реверсирование тока

6. Регенерация серебра из электролитов

В соответствии с инструкцией по предварительной обработке отходов, содержащих драгоценные металлы, ВЦМТИ № 66—53, серебро извлекают из отработанных электролитов путем осторожного подкисления их малыми дозами соляной кислоты, до прекращения выпадения белого творожистого осадка хлористого серебра. Операцию производят в вытяжном шкафу. Ввиду высокой профессиональной вредности ее могут выполнять только квалифицированные исполнители. Забракованные покрытия удаляют с деталей анодным растворением серебра в 5—7-процентном растворе цианистого калия. Для отделения серебра от растворившейся меди раствор подкисляют, как это указано выше, осадок отфильтровывают промывают водой и сушат. Улавливание серебряных солей из промывных вод производят посредством их пропускания через колонки с ионообменными смолами, которые поглощают серебро, золото и прочие тяжелые металлы.

7. Золочение

Золото — чрезвычайно ковкий и пластичный металл с уд. весом 19,3 и температурой плавления 1063,4° С. В химических соединениях золото одновалентно и трехвалентно. Электрохимический эквивалент одновалентного золота 7,357 г/а-ч; трехвалентного — 2,45 г/а-ч. Золото стойко в щелочах и кислотах и растворимо в царской водке с образованием хлорного золота. Благодаря высокой химической стойкости и красивому виду гальваническое покрытие золотом применяется в ювелирном деле и часовой промышленности.

Толщина золота при покрытии ювелирных изделий колеблется от 0,25 до 3 мк и лишь в некоторых случаях доходит до 10 мк, но при покрытии химической аппаратуры составляет около 30 мк. Характеристика золотых анодов приведена в табл. 17.

8. Электролиты золочения

Для золочения применяют цианистые и железистосинеродистые электролиты. Соли для электролитов золочения готовят непосредственно в цехе двумя способами: анодным и химическим растворением металлического

золота. Анодный способ проще и экономичнее химического, но пригоден лишь для приготовления цианистых электролитов.

При анодном способе растворения золота рабочую ванну наполняют раствором цианистого калия в дистиллированной воде концентрацией 20—30 г/л, подогревают до 70° С, завешивают золотые аноды возможно большей площади (гофрированные) и производят анодное насыщение раствора золотом при плотности тока 1—1,5 а/дм². В качестве катодов используют стальные стержни, погруженные в сосуды из неглазированной глины или фарфора, которые наполняют 3-процентным раствором едкого кали или 6—7-процентным раствором поташа. Для получения электролита с концентрацией золота 5 г/л (в пересчете на металл) требуется расход постоянного тока 1 а·ч на 1 л электролита.

Химический способ получения солей золота состоит в растворении золота в царской водке и пригоден как для цианистых, так и для железистосинеродистых электролитов. Для этой цели расчетное количество золота вальцуют, режут на мелкие куски и растворяют в смеси кислот. При этом на каждый грамм золота необходимо 8 мл соляной кислоты уд. веса 1,19 и 2,7 мл азотной кислоты уд. веса 1,4. Полученный раствор упаривают до густоты сиропа, нейтрализуют поташом, приливают раствор цианистого калия из расчета 3—4 г на 1 г золота, после чего полученный электролит разбавляют водой до рабочего уровня.

Общепринятые составы и режимы осаждения для обоих видов электролитов приведены в табл. 73.

Таблица 73

Составы электролитов золочения и режимы осаждения

Компоненты электролитов и режимы электролиза	Единица измерения	Цианистый электролит	Железистосинеродистый электролит
Комплексная цианистая соль золота (в пересчете на металл)	г/л	3—5	—
Цианистый калий (общий)	»	15—25	—
Цианистый калий (свободный)	»	3—6	—
Хлорное золото	»	—	2,65
или хлорное золото (в пересчете на металл)	»	—	1,5
Железистосинеродистый калий	»	—	15—50
Сода безводная	»	—	20—25
Температура электролита	°С	60—70	50—55
Катодная плотность тока	а/дм ²	0,2—0,3	0,1—0,2
Выход по току	%	60—80	25—35

При выходе по току 30% и плотности тока 0,2 а/дм² из этих электролитов можно получить слой золота 2,3 мк/час, а при выходе по току 70% — 5,3 мк/час.

Основные неполадки и способы их устранения приведены в табл. 74.

Таблица 74

Неполадки электролитов золочения и их устранение

Характер дефектов	Возможные причины дефектов	Способы устранения
Красный оттенок золота на изделиях	Примеси солей меди в электролите	Проработать электролит
Белый или зеленоватый оттенок покрытия	Примеси серебряных солей в электролите	Проработать электролит
Светлый или бледный оттенок слоя золота на изделиях	1. Плотность тока ниже $0,05 \text{ а/дм}^2$ 2. Низкая концентрация солей золота 3. Низкая температура электролита	1. Повысить плотность тока 2. Добавить соли золота по результатам анализа 3. Подогреть электролит
Темный и рыхлый слой золота на изделиях	Завышена плотность тока	Снизить плотность тока
Медленное осаждение золота. Пассивируются аноды и падает концентрация солей золота в электролите	1. Мала площадь анодов 2. Недостаточна концентрация свободного цианистого калия 3. В электролите присутствуют натриевые соли	1. Увеличить площадь анодов 2. Добавить цианистого калия по результатам анализа 3. Осадить золото из электролита и поставить его вновь

9. Извлечение золота из электролитов

По инструкции ВЦМТИ № 66—53 для извлечения золота рекомендуются два способа. Первый из них заключается в осаждении золота цинковой стружкой, предварительно погруженной на 1—2 мин. в раствор уксуснокислого свинца с концентрацией 100 г/л. Процесс идет 10—15 суток, после чего стружку промывают, сушат, цинк растворяют соляной кислотой и затем промывают, обрабатывают азотной кислотой; сушат чистый осадок золота.

Второй способ заключается в разрушении комплексной соли золота соляной кислотой, после чего в электролит вводят стружку цинка и осаждают золото, как указано выше. Второй способ во много раз быстрее, но требует строгого соблюдения правил техники безопасности.

Золото из промывных вод извлекают посредством их пропускания через колонки с ионообменными смолами.

10. Осаждение платины

Платина — серебристо-серый металл с уд. весом 21,4 и температурой плавления 1773,5° С. Применяется для получения покрытий с высокой химической стойкостью. Из электролитов для осаждения платины наибольшее применение получил фосфатный. Для его составления металлическую платину растворяют в царской водке. Образовавшуюся хлорную платину нейтрализуют едким натром, а полученный хлорплатинат натрия кипятят несколько часов с двузамещенными фосфатами натрия и аммония до исчезновения запаха аммиака, после чего электролит разбавляют водой до рабочего уровня. Для осаждения платины принят следующий состав электролита и режим работы:

Хлорплатинат натрия	24 г/л
Хлорплатинат натрия (в пересчете на металл)	8,3 »
Фосфат натрия двузамещенный	120 »
Фосфат аммония двузамещенный	24 »
Температура электролита	20—25° С
Плотность тока	0,1—0,2 а/дм ²
Выход по току	40—45%

В качестве нерастворимых анодов применяется платина. Для получения покрытий с толщиной более 1 мк рекомендуется через каждые 20 мин. осаждения выключать ток на 1—2 мин., после чего процесс продолжается снова.

11. Осаждение палладия

Палладий — серебристо-белый металл с уд. весом 11,9 и температурой плавления 1554° С. Гальванические покрытия палладием нашли применение в электротехнической промышленности благодаря его высокой твердости и неизменяющейся электропроводности.

Из электролитов для осаждения палладия известны фосфатные, нитритные и аминоклоридные. Основой их является хлористый палладий. Для его получения металлический палладий заливают азотной кислотой и кипятят с добавлением царской водки и соляной кислоты до полного растворения, после чего производят выпаривание до получения кристаллов.

Для фосфатного электролита применяют следующий состав и режим осаждения:

Хлористый палладий	10 г/л
Фосфат натрия двузамещенный	100 »
Фосфат аммония двузамещенный	20 »
Бензойная кислота	2,5 »
Температура электролита	50—60° С
Плотность тока	0,1 а/дм ²
Величина рН	6,5—7
Выход по току	90%

В качестве нерастворимых анодов используется графит или палладий.

12. Осаждение родия

Родий — голубовато-белый металл с уд. весом 12,44 и температурой плавления 1966° С. Гальванические покрытия родием нашли применение благодаря его высокой твердости и электропроводности.

Из электролитов промышленное применение получили фосфорнокислые и сернокислые. Соль, необходимую для их приготовления, так называемый хлорродиат калия, получают в централизованном порядке; получить ее в цеховых условиях невозможно.

Для фосфорнокислого электролита принят следующий состав электролита и режим осаждения:

Хлорродиат калия (в пересчете на металл)	2 г/л
Ортофосфорная кислота	50 »
Температура электролита	15—25° С
Величина рН	1,1—1,3
Плотность тока	0,15 а/дм ²
Выход по току	20%

В качестве нерастворимых анодов применяются пластинки металлического родия.

13. Осаждение индия

Индий — мягкий пластичный металл с уд. весом 7,31 и температурой плавления 155° С. Применяется в качестве антифрикционного покрытия для подшипников скольжения. Осаждение индия можно производить из цианистых, сернокислых, борфтористоводородных и других электролитов. Ниже приведены состав и режим осаждения индия из сернокислого электролита:

Сернокислый индий	50—70 г/л
Сернокислый натрий	10—15 »
Температура электролита	15—25° С
Величина рН	2,0—2,7
Плотность тока	1—2 а/дм ²
Выход по току	60—80%

Аноды графитовые или из металлического индия.

14. Осаждение прочих металлов

Кроме указанных металлов, в современной гальванотехнике разработаны условия осаждения редких металлов: рения, галлия, таллия, а также таких металлов, как висмут, марганец и сурьма. Все эти металлы редко применяются в промышленности и используются главным образом при лабораторных исследованиях. Поэтому в настоящем справочнике приведены сведения об осаждении только сурьмы, имеющей некоторые перспективы использования ее для частичной замены оловянных покрытий под пайку, для покрытия печатных радиотехнических схем, для замены кадмия при защите стальных деталей от коррозии в морских условиях и для других отраслей машиностроения.

Сурьма — серебристо-белый металл с уд. весом 6,68 и температурой плавления 630,5° С.

Электролит для осаждения сурьмы содержит в основе сурьмяновиннокислый калий, который готовят путем растворения окиси сурьмы в винной кислоте с последующей нейтрализацией едким кали. Для электролита рекомендуется [5] следующий состав и режим осаждения:

Сурьмяновиннокислый калий	25—70 г/л
Сегнетова соль	3—5 »
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	3—5 мл/л
Формалин	0,5—1 »
Величина рН	1,75—1,9
Температура электролита	15—25° С
Плотность тока	0,5—1 а/дм ²
Выход по току	95—98%

В качестве анодов применяют литую сурьму марки СуО ГОСТ 1089—41. Электролит требует предварительной проработки в течение 10—20 час.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер В. И., Кудрявцев Н. Т., Основы гальваностегии, т. II, Металлургиздат, 1957.
2. Ямпольский А. М., Библиотечка гальванотехника, вып. 7, Покрытия благородными металлами, Машгиз, 1961.
3. Гуревич И. Е., Калитова В. И., Гальваническое платинирование, Труды Уральского Политехнического института, № 69, 1957.
4. Горшков В. В., Хоperia Т. Н., Применение электролитического палладирования, Научно-технический сборник, ЦНИИТОП, Горький, № 4, 1953.
5. Геворкян В. М., Электролитическое сурьмирование, ЦИТЭИН, вып. 5, 1960.

ГЛАВА XI

ОКСИДИРОВАНИЕ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

1. Оксидные пленки при оксидировании черных металлов

Искусственные окисные (оксидные) пленки на стали состоят в основном из магнитной окиси железа. Цвет окисных пленок зависит от технологии их получения, толщины, марки металла и вида механической и термической обработки, он может быть золотисто-желтым, фиолетовым, синевато-черным (цвета вороньего крыла) и глубоко черным. Толщина их зависит от состава раствора и режима обработки и лежит в пределах от 0,5 до 0,8 мк при щелочном воронении и до 10 мк при высокотемпературной обработке в водяном паре. Технология оксидирования стали разнообразна; в основу ее могут быть положены химические процессы в щелочных и кислотных растворах, электрохимические процессы, а также обработка при высоких температурах в окислительных средах и др. Выбор способа оксидирования зависит от назначения оксидной пленки, точности размеров деталей и прочих факторов.

Коррозионная стойкость оксидных пленок сравнительно невысока, уступает во много раз фосфатным пленкам (см. гл. XII), применяется для защиты изделий от атмосферной коррозии при условии протирки оксидированной поверхности нейтральными смазочными маслами. Оксидирование нашло применение в оптике, оружейном деле, для защитно-декоративной отделки крепежных деталей, фурнитуры и деталей с точными размерами.

2. Химическое оксидирование в щелочных растворах

Наибольшее распространение получил метод химического оксидирования черных металлов в щелочных растворах с добавками различных окислителей. Подвески для воронения изготавливают из углеродистой стали.

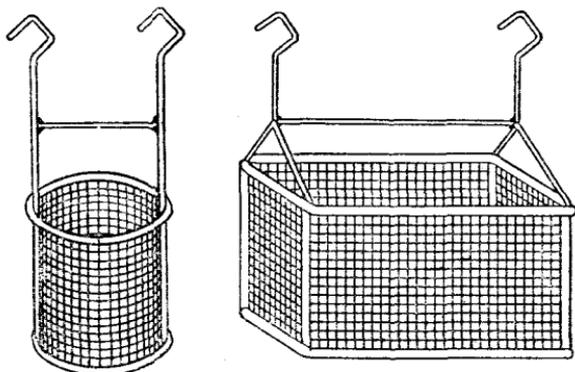
При оксидировании крупные детали и детали с глубокими внутренними полостями оксидируют отдельно, так, чтобы они не соприкасались с другими деталями и не образовывали в полостях воздушных мешков. Мелкие детали и крепеж засыпают в корзинки из железной сетки или перфорированного железного листа, с каркасом из стального прутка, как указано на фиг. 43.

Перед оксидированием детали подвергают щелочному обезжириванию. При этом корзинки с мелкими деталями несколько раз встряхивают. Обезжиренные детали тщательно промывают в горячей проточной воде.

Для удаления естественных окислов с поверхности детали погружают на 0,5—1 мин. в 5—10-процентный раствор серной кислоты, встряхивая их в корзинках для надежности омывания раствором. После декапирования производят тщательную промывку в холодной проточной воде.

В табл. 75 приведены растворы, наиболее часто применяемые для оксидирования.

Выдержка в растворах, указанных в табл. 75, зависит от марки стали и содержания углерода в ней и колеблется от 15—20 мин. для углероди-



Фиг. 43. Конструкция корзинок для оксидирования.

Таблица 75

Составы и рабочие температуры щелочных растворов для оксидирования

Компоненты и температура растворов	Единица измерения	Раствор № 1	Раствор № 2	Раствор № 3	Раствор № 4	Раствор № 5
Сода каустическая	г/л	600—650	550—600	700—800	600—700	600—700
Селитра натриевая	"	100—200	—	200—250	120—150	200—250
Нитрит натрия	"	—	150—200	50—70	40—50	—
Калий хлористый	"	—	—	—	8—10	8—10
Калий цианистый	"	—	—	—	—	10—20
Рабочая температура	°С	138—142	135—145	140—145	138—142	142—145

стых сталей до 120 мин. для легированных. Цвет оксидной пленки для чугунов и кремнистых сталей — коричневый; для остальных марок стали — синевато-черный.

Оксидная пленка, полученная из указанных растворов, состоит из магнитной окиси железа и имеет толщину около 0,6—0,8 мк. Основные неполадки при оксидировании в щелочных растворах приведены в табл. 76.

Таблица 76

Основные неполадки при щелочном оксидировании

Характер дефектов	Причина дефектов	Способы устранения
Неоднородность оттенков оксидной пленки (от коричневого до фиолетового)	Недостаточна выдержка деталей в ванне оксидирования	Обезжирить детали, если они были промаслены, и снова выдержать в ванне оксидирования
Красный или ржавый легко удаляемый налет на черной оксидной пленке	Мала концентрация окислителей—селитры или нитрита натрия в ванне оксидирования	Добавить селитру или нитрит
Образование зеленоватого налета на оксидной пленке	Мала концентрация каустической соды в ванне оксидирования	Ввести добавку каустической соды в ванну оксидирования
Разноцветная пятнистость оксидной пленки, а также отсутствие ее на отдельных участках деталей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недоброкачественная подготовка к покрытию 2. Недостаточное встряхивание деталей в корзинке 3. Местный перегрев при полировании или скоростной механической обработке 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверить и улучшить обезжиривание деталей 2. Встряхивать детали во время покрытия в корзинках 2—3 раза 3. Зачистить или заново произвести полирование и хорошо декапировать
Отсутствие оксидной пленки при нормальной выдержке	Высока общая концентрация раствора, температура кипения его равна 170—180° С	Осторожно, при энергичном перемешивании, разбавить водой до кипения раствора при 140—145° С
После промывки и сушки детали имеют белый вязкий налет	Недоброкачественная промывка деталей после оксидирования	Контролировать чистоту промывки индикатором — фенолфталеином. Ввести промывку в 3-процентном растворе хромового ангидрида

Продолжение табл. 76

Характер дефектов	Причина дефектов	Способы устранения
Оксидная пленка при нормальном процессе имеет коричневый цвет	Материал деталей — чугун или кремнистая сталь	Для получения черного цвета заменить металл или перейти на кислый состав раствора
Разница оттенков на различных участках деталей	Различная термическая или механическая обработка	При существующем процессе изготовления деталей не устраняется

После оксидирования детали тщательно промывают в холодной проточной воде и обрабатывают в 3—5-процентном растворе хромовой кислоты, снова промывают в холодной воде и погружают в 1—2-процентный раствор хозяйственного или жидкого зеленого мыла, подогретый до 70—80° С. После обработки в мыльном растворе детали без последующей промывки просушивают и погружают на 5—6 мин. в нейтральное веретенное или авиационное масло, подогретое до 105—110° С.

3. Оксидирование в кислых растворах

В производстве применяются два состава кислых растворов для оксидирования черных металлов. Для одного из растворов принят следующий состав и режим покрытия:

Азотнокислый кальций	15—30 г/л
Ортофосфорная кислота	0,5—1 »
Перекись марганца	0,5—1 »
Рабочая температура	98—100° С
Выдержка	40—45 мин.

Для оксидирования применяют железные сварные ванны без футеровки, с электрическим или паровым подогревом. Полученная пленка по составу является оксиднофосфатной, имеет цвет от темно-серого до черного и повышенную коррозионную стойкость. После оксидирования изделия подлежат промасливанию, как это делают и при оксидировании в щелочных растворах.

Второй раствор имеет следующий состав, не требующий высокой температуры, и режим работы:

Гипосульфит натрия	80 г/л
Хлористый аммоний	60 »
Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	5 мл/л
Азотная кислота (уд. вес 1,4)	2 »
Рабочая температура	60—70° С
Выдержка	15—20 мин.

Оксидирование может производиться и совсем без подогрева раствора, но в этом случае выдержка должна быть увеличена до 40—60 мин.

После промывки в холодной проточной воде детали следует дополнительно обработать в растворе хромпика с концентрацией 120—150 г/л, подогретом до 60—70° С. Затем детали промывают, сушат и промасливают.

Производительность раствора 8—10 м²/л, после чего раствор сменяют. Раствор профессионально безвреден и может применяться без вентиляции.

Полученная после сушки пленка покрыта неравномерным серым налетом, но после промасливания имеет синевато-черный цвет на стали и черный цвет на чугуне при металлическом блеске.

4. Высокотемпературное оксидирование

Одним из старейших способов оксидирования является погружение нагретых деталей в льняное масло. Для этого изделия нагревают в печи до температуры $460 \pm 10^\circ \text{C}$ и погружают на 5—10 мин. в льняное масло, повторяя процесс 4—6 раз. Оксидная пленка получается плотной и имеет глубокий черный цвет.

Небольшие партии мелких деталей оксидируют в расплаве натриевой селитры при температуре 310° С, с выдержкой 8—10 мин. до получения яркой синей оксидной пленки.

Оксидирование клапанов двигателей внутреннего сгорания для защиты их от воздействия газов производят в расплаве двуххромовокислого натрия (ГОСТ 2651—44) при температуре 400° С в течение 40—45 мин. Перед оксидированием, а также после оксидирования и промывки клапаны прогревают в термостате при 120—140° С в течение 20—40 мин. Оксидная пленка имеет цвет от коричневого до черного. Оксидированные клапаны протирают обезвоженным маслом МК-22.

Некоторое распространение получило также оксидирование горячим воздухом и паром.

Оксидирование пакетов трансформаторного железа с целью их электроизоляции производят в колокольных печах с нагреванием до 800° С в течение 2 час. Затем пакеты железа остывают вместе с печью до 500° С в течение 4 час. и охлаждаются на воздухе. Полученная оксидная пленка имеет пробивное напряжение в пределах 1—1,5 в.

При паровом способе оксидирования трансформаторного железа пластинки травят в соляной кислоте (уд. вес 1,19) с добавкой 5% фтористоводородной кислоты в течение 15—20 мин., без подогрева, после чего промывают, сушат и на стальных рамочных приспособлениях загружают в печь. После повышения температуры до 200° С подается пар; при давлении 0,3—0,5 *ати* температуру доводят до 480° С и выдерживают при этих условиях 1 час. Затем прекращают нагревание, а после снижения температуры до 350° С прекращают подачу пара, дают остыть печи и выгружают детали. Оксидная пленка имеет цвет от темно-серого до черного, толщину 4—5 мк и сопротивление не менее 20 ом при удельном давлении 0,8 кг/см². Пробивное напряжение ее около 3—4 в.

Для получения черных и беспористых оксидных пленок толщиной 5—10 мк применяют оксидирование в среде перегретого пара. Для оксидирования перегревают водяной пар в змеевике до 500—550° С и пропускают его при давлении 0,3 *ати* в течение 30 мин. при температуре 550° С через герметически закрытую шахтную электрочечь. После охлаждения на воздухе изделия промасливают. Полученная оксидная пленка имеет черный

цвет, состоит из окислов и имеет толщину 1—4 мк. Такая пленка при относительной влажности 95% и температуре 45—48° С сохраняется без изменения до 48 час.

При повышении температуры процесса до 650° С толщина пленки может быть доведена до 10 мк.

Оксидирование в среде пара применяют для защиты от коррозии, для создания электроизоляционного слоя, для увеличения износостойкости режущего инструмента и предохранения его от слипания со стружкой.

5. Частные случаи оксидирования.

Известный интерес представляют собой способы оксидирования азотированных и кислотоупорных сталей, а также совмещение процессов оксидирования и отпуска стали в одной операции.

Оксидирование азотированных деталей с целью получения цветных оксидных пленок производят после полирования деталей (подвергавшихся антикоррозионному азотированию) в смеси расплавленных солей, содержащей 50% азотнокислого натрия и 50% нитрита натрия. Эта смесь имеет температуру плавления 205° С и допустимую температуру нагрева до 600° С.

Погружение деталей в ванну с расплавленными солями производят в сетчатых корзинках, с выдержкой 10 мин. Цвет получаемой оксидной пленки зависит от выбранной температуры и может быть задан любым, от красного до фиолетового. После оксидирования детали промывают и сушат.

Оксидирование кислотоупорных сталей, например стали 1X18H9T и нержавеющей сталей, содержащих не менее 8% никеля, в цвет золота производят воздушно-термическим путем.

Для этого обезжиренные детали предварительно подвергают электролитическому полированию в электролите следующего состава и режима работы:

Ортофосфорная кислота	80% (вес.)
Хромовый ангидрид	10% »
Вода	10% »
Температура электролита	50—70° С
Анодная плотность тока	15—20 а/дм ²
Выдержка	20 мин.

После промывки в холодной проточной воде детали пассивируют в растворе следующего состава и режима работы:

Серная кислота	50% (вес.)
Хромпик	11% »
Вода	39% »
Рабочая температура	95° С
Выдержка	7 мин.

Пассивированные детали промывают в горячей дистиллированной воде и сушат подогретым сжатым воздухом или в сушильном шкафу. Затем детали завешивают в термостат, где процесс оксидирования происходит при температуре 420° С в течение 55—60 мин. Перегрев и передержка приводят к образованию красного или синего цвета. При соблюдении условий оксидирования пленка имеет интенсивный золотой тон и толщину около 0,6 мк.

Оксидирование, совмещенное с отпуском закаленных стальных деталей, рекомендуется осуществлять при следующем составе раствора и режиме обработки:

Сода каустическая	60% (вес.
Селитра	15% »
Нитрит натрия	15% »
Тринатрийфосфат	10% »
Рабочая температура	340° С
Выдержка	30—60 мин.

Подготовительные операции при этом процессе отсутствуют. В зависимости от выдержки цвет оксидной пленки изменяется от темно-золотистого до черного. После оксидирования детали промывают в холодной и горячей воде, пассивируют в хромпике, сушат и промасливают или покрывают лаком. При оксидировании, совмещенном с отпуском, механические свойства деталей не изменяются.

6. Оксидирование алюминия и его сплавов

При оксидировании алюминия подготовка поверхности деталей к анодной обработке часто сводится к обезжириванию, объединенному с травлением. Эта операция осуществляется в растворе, содержащем 40—50 г/л тринатрийфосфата и 8—12 г/л каустической соды, при температуре обработки 60—70° С и выдержке не менее 2—3 мин. При травлении алюминиевых сплавов, например дюралюминия, на поверхности деталей остается черный налет легирующих компонентов — меди, примесей и железа. Осветление деталей с целью удаления налета производят в 10—15-процентном растворе азотной кислоты. При травлении силумина происходит вывление кремния, который удаляется растворением во фтористоводородной кислоте. Для этого применяют один из растворов, указанных в табл. 77.

Таблица 77

Растворы для осветления кремнистых сплавов

Компоненты и режимы осветления	Единица измерения	Раствор № 1	Раствор № 2	Раствор № 3
Серная кислота (уд. вес 1,84)	% (вес)	—	90—92	20—30
Азотная кислота (уд. вес 1,4)	»	95—97	5—6	40—60
Фтористоводородная кислота	»	3—5	3—4	—
Фтористый калий (аммоний)	»	—	0,5—1	10—12
Рабочая температура	°С	15—25	15—25	15—25
Выдержка	мин.	0,1—0,2	1—2	0,2—0,3

Подвески для оксидирования изготовляют из дюралюминия с жесткими пружинящими контактами.

7. Оксидирование в растворах серной кислоты и ее солей

Этот способ оксидирования является самым распространенным и производится путем анодной обработки деталей в 15—20-процентном растворе серной кислоты при температуре 15—25° С и анодной плотности тока 1—2 a/dm^2 . В качестве материала катодов применяют рольный свинец.

Выдержка зависит от назначения оксидной пленки. При защитно-декоративном оксидировании выдержка составляет 15—20 мин., что обеспечивает образование оксидной пленки толщиной 4—5 μk . Величина напряжения постоянного тока, необходимая для нормального течения процесса электролиза, значительно выше, чем при осаждении металлов, так как образующаяся оксидная пленка обладает значительным электрическим сопротивлением. Эта величина является наименьшей для чистого алюминия, например, марок А0, А1 и др. и в 3—4 раза выше для алюминиевых сплавов (дюралюминия), кремнистых сплавов типа АК, АЛ2 и др. Для небольших ванн, с малым межэлектродным расстоянием, величина напряжения при оксидировании силумина колеблется от 5—6 в до 25—30 в. Большое значение для процесса имеет температура электролита, повышение которой отрицательно сказывается на качестве оксидной пленки, вплоть до ее растравливания и сползания. Поэтому при длительной работе ванн, а также в летний период электролит необходимо охлаждать. Для этой цели используют водяные рубашки и змеевики с проточной холодной водой, полые свинцовые катоды с принудительной циркуляцией воды, специальные холодильные установки и введение льда или твердой углекислоты в электролит. В том случае, если это позволяет форма изделия, в процессе оксидирования полезно применять проток холодной воды через полости самого изделия. Для устранения местного перегрева деталей следует также применять перемешивание электролита.

Способность алюминия выпрямлять переменный ток позволяет использовать этот так называемый вентильный эффект для оксидирования алюминия переменным током. Процесс характеризуется применением как однофазного, так и трехфазного тока и отсутствием вспомогательных электродов, так как роль электродов, завешенных на штанги ванны, выполняют оксидируемые детали. Для оксидирования применяют 15-процентный раствор серной кислоты и переменный ток промышленной частоты (50 $гц$). Остальные условия режима оксидирования не имеют существенных различий по сравнению с оксидированием постоянным током.

Для повышения экономичности процесса серная кислота может быть заменена более дешевым бисульфатом натрия (кристаллическим), концентрация которого в электролите может колебаться от 250 до 400 $г/л$. Режим оксидирования не отличается от сернокислотного.

Оксидная пленка, полученная из сернокислотного электролита и предназначенная для защитно-декоративной отделки, имеет снежно-белый цвет, толщину 4—5 μk и служит надежной защитой от коррозии. Оксидная пленка не отслаивается от металла, имеет высокую твердость, близкую к твердости корунда, хорошую износостойкость и обладает высокими электроизоляционными свойствами. Жаростойкость оксидной пленки доходит до 1500° С. Оксидная пленка имеет микропористую структуру со средней степенью пористости около 30%.

Заполнение пор хромпиком или лакокрасочными покрытиями увеличивает коррозионную стойкость оксидной пленки. Заполнение пор анилиновыми и другими красителями широко применяется для создания краси-

вой декоративной отделки изделий, а пропитывание пленки светочувствительными солями используется для фотохимического изготовления различных шкал и табличек.

Наиболее простым и надежным способом увеличения защитных свойств пленки является пассивирование (заполнение пор пассиватором). Для этого производится выдержка деталей в растворе хромпика с концентрацией его около 100 г/л при температуре 80—90° С в течение 10 мин. Оксидная пленка при этом приобретает лимонно-желтый цвет. Для увеличения коррозионной стойкости пленки применяется также заполнение пор расплавленным парафином.

Для цветной декоративной отделки поверхности детали производится окраска анилиновыми красителями. Эта операция осуществляется путем погружения изделия в 1-процентный водный раствор выбранного анилинового красителя для шерсти при температуре 70—80° С, с выдержкой 2—3 мин. Кроме анилиновых красителей, применяют и более устойчивую окраску неорганическими химическими соединениями. Ниже приведен состав для прочной окраски в различные тона, от светло-золотистого до темно-бронзового, в зависимости от длительности процесса окрашивания. Раствор имеет светло-зеленый цвет. Состав его и режим работы следующие:

Железоаммонийные квасцы	28 г/л
Щавелевая кислота	22 мл/л
Раствор аммиака 25-процентный	25—30 мл/л
Рабочая температура	50—60° С
Выдержка	3—5 мин.

Специальные виды окраски алюминия описаны в следующем разделе.

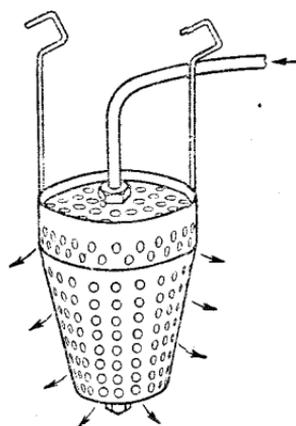
Глубокое анодное оксидирование алюминия. Этот процесс применяется для повышения износостойкости в условиях трения, эрозивной стойкости, для создания жесткости тонких листовых конструкций, для теплоизоляционной защиты.

Глубокое оксидирование шестерен повышает их износостойкость в 5—10 раз. Для оксидирования применяют 20-процентный раствор серной кислоты, рабочую температуру от —10 до —6° С и анодную плотность тока 2,5 а/дм² при начальном напряжении 20—25 в и конечном до 40 в. Рекомендуется непрерывное перемешивание электролита. Оксидная пленка имеет глубину 20—30 мк и микротвердость 300—400 кг/мм². Для повышения жесткости тонкостенных трубчатых деталей до жесткости латуни применяется тот же электролит и режим оксидирования с повышением плотности тока до 5 а/дм² и выдержкой 30 мин. Глубина оксидной пленки достигает 60 мк, а микротвердость 350—400 кг/мм². Участки, не подлежащие оксидированию предварительно изолируют лаком ХВЛ-21, окрашенные добавкой метилрога. Толстые оксидные пленки на сплавах имеют глубокий черный цвет и значительную пористость. При глубоком анодном оксидировании чистота обработки деталей снижается на два класса.

Для травливания оксидной пленки без нарушения размеров детали применяют раствор следующего состава и режима работы:

Хромовый ангидрид	20 г/л
Фосфорная кислота (уд. вес 1,5)	35 мл/л
Рабочая температура	85—100° С
Выдержка	До 15 мин.

Оксидирование крепежных и мелких деталей. Для массового оксидирования мелких и крепежных деталей применяют барабаны из листового перфорированного алюминия, плоские рамки в виде алюминиевой сетки, натянутой на винипластовую основу, или алюминиевые корзинки на 2—3 тыс. деталей. При пользовании указанными приспособлениями необходимо создавать возможно более плотный электрический контакт между деталями и приспособлениями. Для этой цели через барабаны или сетки должны проходить сквозные алюминиевые стержни, имеющие непосредственный контакт с анодной штангой. При-



Фиг. 44. Корзинка для оксидирования мелких деталей из алюминия.

способления должны быть плотно затянуты крышками или проволокой, плоские детали должны укладываться совместно с деталями других конфигураций, а внутри барабана или корзинки полезно ввести принудительную циркуляцию электролита, как это указано на фиг. 44. Оксидирование мелких деталей производят в 20-процентном растворе серной кислоты при температуре 15—20° С. Сила тока на каждую корзину составляет 40—50 а при напряжении 13—15 в; продолжительность оксидирования 40—45 мин.

Оксидирование с последующей окраской. Для оксидирования с последующей окраской в цвет золота крупные детали механически полируют, обезжиривают растворителями или венской известью, монтируют на подвески и завешивают в ванну для обезжиривания в слабощелочном растворе. Обезжиривающий раствор содержит следующие компоненты и режим работы:

Каустическая сода	10—12 г/л
Тринарийфосфат	45—50 »
Жидкое стекло	25—30 »
Рабочая температура	50—60° С
Выдержка	2—3 мин.

После обезжиривания детали промывают в горячей проточной воде, осветляют в 15—20-процентном растворе азотной кислоты, снова промывают и подвергают электрохимическому полированию в универсальном электролите со следующим составом и режимом обработки:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	800 мл/л
Серная кислота (уд. вес 1,84)	200 мл
Хромовый ангидрид	100 г/л
Температура электролита	60—70° С
Выдержка	3—5 мин.
Анодная плотность тока	10 а/дм ²

Свинцовые катоды заключены в пористые керамиковые диафрагмы с 20-процентным раствором серной кислоты.

Мелкие детали после штамповки подвергают химическому полированию в растворе следующего состава и режима:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7)	600 мл
Серная кислота (уд. вес 1,8)	200 »
Азотная кислота (уд. вес 1,4)	150 »
Мочевина	5 »
Рабочая температура	100—110° С
Выдержка	15—20 сек.

В качестве ванны рекомендуется использовать фарфоровую или керамиковую чашу, вмонтированную в стальной кожух с электронагревателями.

Детали после электрохимического или химического полирования промывают в холодной проточной воде и оксидируют в 20-процентном растворе серной кислоты. Крупные детали оксидируют при анодной плотности тока 0,8—1,5 а/дм^2 в течение 15—20 мин. Режим оксидирования мелких деталей (в корзинах) приведен выше.

Оксидированные детали тщательно промывают в холодной проточной воде и погружают в раствор, содержащий следующие анилиновые красители:

Оранжевый 2Ж для нитролака	1,6 г/л
Желтый 3 для нитролака	0,06 »
Кислотный черный 3М	0,08 »
Сода кальцинированная	0,05 »

Выдержка в растворе зависит от требуемой глубины окраски, степени истощения раствора и глубины оксидной пленки и колеблется от 2—3 до 10 мин. при температуре 20—25° С.

После окраски детали промывают в дистиллированной воде и уплотняют оксидную пленку кипячением деталей в дистиллированной воде в течение 20—30 мин. Затем детали демонтируют и сушат в сушильном шкафу. Мелкие детали сушат в центрифуге.

При оксидировании силумина детали подвергают обезжириванию в слабощелочном растворе, осветлению или травлению в одном из растворов (см. табл. 77) с добавкой фтористых солей. Для оксидирования применяют 20-процентный раствор серной кислоты. Анодная плотность тока составляет 2,5 а/дм^2 при напряжении 25—30 в и температуре электролита не выше 25° С.

Выдержка при оксидировании не менее 30—40 мин. После промывки детали окрашивают в черный цвет, для чего применяется следующий состав и режим окраски:

Хромовый ангидрид	30—50 г/л
Марганцевокислый калий	15—25 »
Рабочая температура	80—90° С
Выдержка	20—25 мин.

Оксидную пленку после окрашивания пропитывают техническим вазелином.

Изготовление шкал и паспортных таблиц. В последние годы изготовление металлических паспортных таблиц путем гравирования на многих заводах заменяется более эффективным и экономичным способом пропитывания анодных окисных пленок, полученных на пластинках из алюминия, светочувствительными эмульсиями с последующим фотопечтанием текста таблицы либо нанесением текста штампом по способу, описанному ниже.

Для получения таблиц алюминиевые пластинки оксидируют в 20-процентном растворе серной кислоты при плотности тока $1,5 \text{ а/д.м}^2$ и температуре $15\text{--}25^\circ \text{С}$ в течение 20 мин. После промывки в холодной воде пластинки погружают в подогретый раствор анилинового красителя, выбирая его цвет по заданному цвету букв или цифр на таблице. Окрашенную в один тон таблицу высушивают, после чего методом офсетной печати штампуют типографской краской заданный текст, повторяя его на всей подготовленной партии пластинок. После сушки на воздухе пластинки устанавливают в ванночку с 30-процентным раствором азотной кислоты и выдерживают до обесцвечивания красителя.

При операции окисления красителя на поверхности пластинки иногда образуется коричневый налет, который удаляют промывкой в растворе бисульфита натрия. Обесцвечивание красителя происходит на всей поверхности, кроме участков, расположенных под текстом, отштампованным типографской краской.

После промывки в холодной проточной воде пластинки погружают в раствор анилинового красителя, выбранного по цвету для фона таблицы, и выдерживают до окрашивания.

Затем таблицы промывают, сушат и с текста смывают типографскую краску салфеткой, смоченной ацетоном. Таким путем можно получать многоцветные таблицы с четким и красиво оформленным текстом.

Для текущего контроля толщины окисной пленки используется прибор «ТАП-2», выпускаемый учебно-производственными мастерскими московского техникума им. С. Орджоникидзе. Прибор основан на принципе зависимости величины пробивного напряжения от толщины окисной пленки. Данные о такой зависимости, составленные ВИАМ, приведены в табл. 78 и на графике фиг. 45.

Таблица 78

Зависимость между толщиной окисной пленки и величиной ее пробивного напряжения

Пробивное напряжение в в	Толщина окисной пленки в мк	Пробивное напряжение в в	Толщина окисной пленки в мк
154	3	272	8
179	4	290	9
203	5	306	10
222	6	313	11
247	7	324	13

8. Оксидирование в щавелевокислых растворах

Получение окрашенных оксидных пленок. При оксидировании алюминия и его сплавов, не содержащих меди, в электролите с 3—5% щавелевой кислоты наблюдается одновременное образование оксидной пленки и окрашивание ее в золотистые тона.

При работе на переменном токе с напряжением 40—50 в, при плотности тока от 2 до 4 а/дм^2 и температуре электролита 40—50° С можно получать различные декоративные оттенки пленки в зависимости от установленной плотности тока и выдержки. Например, для получения цвета латуни применяют выдержку 35—40 мин. при плотности тока 3 а/дм^2 .

Анодное эматалирование алюминия. При введении в щавелевокислый электролит солей титана оксидная пленка на алюминии приобретает вид эмали. Для эматалирования принят следующий состав электролита и режим оксидирования:

Щавелевая кислота	1,2 г
Лимонная кислота	1,0 »
Борная кислота	8 »
Комплексная щавелевокислая соль титана	40 »
Вода (без ионов хлора)	1000 мл
Величина рН	1,5—2
Температура электролита	55—60° С
Анодная плотность тока	2—3 а/дм^2

В начале процесса дается напряжение 80 в, затем в течение 10 мин. оно доводится до 120 в и постепенно понижается, с общей выдержкой 30—40 мин. В качестве катодов применяются угольные или графитовые пластины.

Электролит необходимо часто подкислять, так как при слабой кислотности щавелевокислые соли титана выпадают в осадок. При нормальной эксплуатации удельный расход титановых солей составляет около 1,3—1,5 г/а.ч. Корректирование электролита по величине рН производят щавелевой кислотой и солями титана.

После оксидирования полученную пленку закрепляют кипячением в дистиллированной воде в течение 20—30 мин. Оксидная пленка, без дополнительной окраски, принимает характерный серовато-молочный цвет и непрозрачность эмали.

Для получения красной пленки детали необходимо предварительно подвергать механическому или электрохимическому полированию.

При указанном режиме пленка имеет толщину 10—12 мк, микротвердость 650—700 кг/мм^2 и обладает высокими антикоррозионными и электроизоляционными свойствами.

Электроизоляционное оксидирование. Анодное оксидирование алюминия всегда является электроизоляционным, но для получения пленки с высоким электролитическим сопротивлением необходим специальный режим оксидирования, способствующий повышению ее электроизоляционных свойств. Для этой цели применяют следующий состав:

Щавелевая кислота	30—40 г/л
Уксусная кислота	0,1 »
Температура электролита	20—40° С

Процесс оксидирования начинают на переменном токе при напряжении 40—70 в, плотности тока 1—1,5 а/дм^2 и выдержке 3 мин. Затем дополнительно накладывают постоянный ток с такой же величиной плотности тока и напряжения еще на 3 мин. Затем питание переменным током выключают и ведут процесс на постоянном токе, с плотностью тока 3—4 а/дм^2 в течение 1—2 час. в зависимости от требуемого пробивного напряжения. После промывки и сушки при 100—150° С оксидная пленка

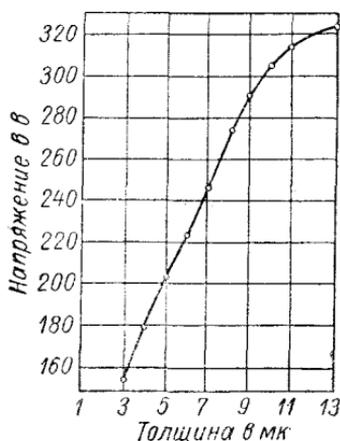
без дополнительной пропитки выдерживает 150—200 в. При оксидировании необходим очень жесткий контакт детали с подвеской. Наличие слабого контакта приводит к прожогу металла.

Для получения оксидной пленки с высоким сопротивлением выдержку увеличивают и пленку пропитывают изоляционным лаком. Для получения пленки с пробивным напряжением до 500 в процесс ведут в 3-процентном растворе шавелевой кислоты при температуре 15—20° С. Первоначальное напряжение постоянного тока составляет 30—40 в. После включения тока постепенно, в течение 15 мин., доводят анодную плотность тока до 3 а/дм².

Затем включают систему перемешивания электролита и выдерживают детали в ванне 1,5—2,5 час., постепенно поднимая напряжение до 100—110 в.

Ванны при этом должны быть защищены предохранительными сетками от касания к шинам. Затем детали промывают и сушат при 150° С 40—60 мин. и пропитывают лаком ГФ-95. Лак при 20° С должен иметь вязкость 40—50 сек. по вискозиметру ФЭ-36 с соплом № 2. Пропитку ведут в течение 10—15 мин. до прекращения выделения пузырьков. Сушку лака производят при 150—160° С в течение 2 час. Полученная оксидная пленка имеет глубину до 80 мк и выдерживает до 500 в. Для повышения пробивного напряжения до 700 в оксидирование производят не менее 2,5 час., а пропитку лаком производят 3—4 раза. Для измерения пробивного напряжения и толщины пленки можно пользоваться прибором ТАП-2 (см. стр. 198) и графиком фиг. 45.

Фиг. 45. Диаграмма зависимости пробивного напряжения от толщины оксидной пленки.



зависеть прибором ТАП-2 (см.

стр. 198) и графиком фиг. 45. Для получения оксидных пленок на алюминии и сплаве марки АМг с пробивным напряжением 1500—2000 в применяют процесс анодного оксидирования в следующем электролите при режиме работы:

Серная кислота (уд. вес 1,84)	150 г/л
Щавелевая кислота	20 »
Температура электролита	от + 2 до -5° С
Анодная плотность тока	10 а/дм ²
Выдержка	3,5 час.

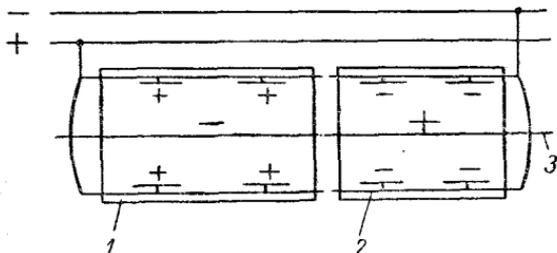
Для выравнивания температур необходимо механическое перемешивание электролита. Плотность тока при длительной выдержке постепенно снижается, а напряжение, наоборот, возрастает до 25—30 в. Оксидная пленка имеет толщину 120—140 мк.

После оксидирования детали промывают, сушат при 105—110° С в течение 1 часа и погружают в лак МГМ-16 на 3—5 мин. до прекращения выделения пузырьков воздуха из пор пленки. Вязкость лака должна быть в пределах 30—45 сек. по прибору ВЗ-4. После пропитки производят сушку лака при 140—150° С в течение 2 час. Пропитку лаком МГМ-16

повторяют еще один раз с последующей сушкой при той же температуре в течение 4 час.

Электроизоляционное оксидирование ленты алюминиевой фольги толщиной 50—200 мк осуществляется следующим путем: рулон с лентой устанавливают на размоточный валик, вручную протягивают ее через ванны автоматической установки и закрепляют конец на приемном роликке.

По включении установки лента последовательно подвергается всем операциям. Обезжиривание и травление ленты производят в 5—6-процентном растворе каустической соды при температуре 50—60° С в течение



Фиг. 46. Электрическая схема установки для биполярного оксидирования проволоки:

1 — ванна для катодного обезжиривания; 2 — ванна для анодного оксидирования; 3 — алюминиевая проволока.

15—20 сек., затем ее пропускают через душевую, промывку и осветление в 10-процентном растворе азотной кислоты в течение 10—15 сек., дважды промывают и оксидируют постоянным током в 5-процентном растворе щавелевой кислоты при температуре $70 \pm 5^\circ$ в течение 1 мин. Анодная плотность тока составляет 12 а/дм^2 , при напряжении 30—40 в. Полученная оксидная пленка имеет толщину около 3 мк и пробивное напряжение 50—60 в.

Хорошие результаты дает непрерывное оксидирование алюминиевой проволоки биполярным способом. Как показано на фиг. 46, проволока протягивается последовательно через две ванны; при этом непосредственного контакта с каким-либо полюсом источника тока проволока не имеет. При постоянном токе в электролит первой ванны опущены аноды, в электролит второй — катоды. Проволока, замыкая цепь через электролит, в первой ванне служит катодом, а во второй — анодом и, следовательно, оксидируется. Этот процесс допускает наложение переменного тока на постоянный или только переменный ток. Электролитом в первой ванне является 10—20-процентный раствор серной кислоты с добавкой фтористого натрия и рабочей температурой до 80—90° С. Электролит оксидирования во второй ванне состоит из 3—5-процентного раствора щавелевой кислоты при температуре 90° С. При работе на постоянном токе плотность тока составляет $10—15 \text{ а/дм}^2$, а на переменном — может достигать 30 а/дм^2 . Очистка поверхности происходит в первой ванне, с продолжительностью процесса 60—90 сек. Оксидирование длится лишь 30—40 сек. с перемешиванием сжатым воздухом. Полученная оксидная пленка окрашена в золотистый цвет, весьма эластична и имеет пробивное напряжение порядка 150—200 в.

Оксидирование в растворе ортофосфорной кислоты. Оксидирование сплавов алюминия в ортофосфорной кислоте используется главным образом для последующего никелирования или меднения. Для этой цели применяют следующий состав электролита и режим оксидирования:

Ортофосфорная кислота	250—300 г/л
Температура электролита	15—25° С
Анодная плотность тока	2—3 а/дм ²
Выдержка	10 мин.

Для процесса необходимо напряжение от 30 до 60 в и перемешивание сжатым воздухом.

Полученная оксидная пленка имеет глубину 3 мк, весьма пориста, плохо окрашивается, но легко растворима в никелевом и кислом медном электролитах, при осаждении никеля или меди, что и определяет ее назначение.

9. Оксидирование в хромовокислых электролитах

Процесс оксидирования в хромовокислых электролитах отличается низкими плотностями тока, необходимостью подогревания ванны, длительной выдержкой и применением постоянного тока повышенного напряжения.

Применяемые электролиты имеют концентрацию хромового ангидрида, от 30 до 100 г/л, температуру около 40° С и плотность тока от 0,01 до 0,3—0,4 а/дм². При оксидировании напряжение на шинах ванны постепенно повышают: в течение первых 10—15 мин. от 0 до 40—50 в, выдерживают при этом напряжении 30—40 мин. и затем постепенно, через каждые 5 мин., повышают напряжение, доводя его величину в отдельных случаях до 90—100 в, а выдержку до 60—80 мин.

Оксидные пленки, получаемые в хромовокислых электролитах, бесцветны, стекловидны, имеют толщину в пределах 2—4 мк, практически не изменяют размеров деталей, сохраняют блеск полированного алюминия и имеют малую пористость; вследствие своей твердости, плотности и эластичности применяются для деталей, имеющих точные размеры.

10. Химическое оксидирование алюминия

В тех случаях, когда оксидирование производят в целях защиты от коррозии, а наряду с этим для получения грунта под окраску, целесообразно применять химическое оксидирование, как более дешевое и не требующее электрооборудования.

Для химического оксидирования применяется следующий состав раствора и режим работы:

Ортофосфорная кислота	40—50 г/л
Кислый фтористый калий	3—5 »
Хромовый ангидрид	5—7 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	5—7 мин.

Этот раствор пригоден для оксидирования алюминия и всех его сплавов. Полученная пленка имеет оксидно-фосфатный состав, толщину около 3 мк, обладает красивым салатно-зеленым цветом и электроизоляционными свойствами, но не пориста и не окрашивается красителями. Корректирова-

ние раствора производится главным образом бифторидом калия. Способ весьма прост в эксплуатации, не требует высокой квалификации исполнителей и в 2—3 раза экономичней электролитических способов.

Для химического оксидирования алюминиевых деталей применяют также следующий состав и режим обработки:

Хромовый ангидрид	3—5 г/л
Фторсиликат натрия	3—5 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	8—10 мин.

После оксидирования детали промывают в воде и сушат при 60—80° С. Пленка имеет оранжевый цвет и удовлетворительные свойства.

Для этой же цели служит другой состав, но почти такой же режим обработки:

Двуххромовокислый натрий	200 г/л
Фтористоводородная кислота	1—2 мл/л
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	6—10 мин.

Пленка имеет радужный цвет. Процесс идет без выделения водорода и пригоден для алюминия и его сплавов, не содержащих меди.

Химическое оксидирование крепежных деталей производят в щелочном растворе со следующим составом и режимом работы:

Сода кальцинированная	50 г/л
Хромовокислый натрий	15 »
или	
хромовокислый калий	18 »
Сода каустическая	2,5 »
Рабочая температура	80—85° С
Выдержка	3—5 мин.

По мере истощения раствора температуру и выдержку увеличивают, а по использовании раствор заменяют новым.

После оксидирования детали промывают в холодной проточной воде и пассивируют в растворе хромового ангидрида концентрацией 20 г/л. Пленка имеет радужный цвет, толщину 1—2 мк и удовлетворительную коррозионную стойкость.

Хорошие результаты получаются при хроматном оксидировании алюминия с внутренним источником тока. Для этого алюминиевую деталь соединяют проводником с угольным электродом и погружают на несколько минут в раствор, содержащий следующие компоненты:

Азотная кислота (уд. вес 1.4)	200 мл
Хромпик калиевый	50 г/л

Раствор используется без подогрева.

11. Оксидирование магниевых сплавов

Оксидирование магниевых сплавов применяется для временной защиты их при механической обработке, для постоянной защиты как самостоятельное покрытие, а также в качестве грунтовки под окраску.

Для временной защиты детали обезжиривают растворителями, а затем в щелочных растворах и протравливают в растворе хромового ангидрида концентрацией 200 г/л при температуре 15—25° С в течение 10 мин. Для

полуфабрикатов концентрацию хромового ангидрида снижают до 100 г/л, вводя добавку натриевой селитры или азотнокислого кальция, в количестве 8—10 г/л.

Промытые детали пассивируют в растворе хромпика концентрацией 50 г/л, при температуре 90—100° С в течение 10—15 мин., после чего их промывают и сушат.

Для литья и катаного металла применяют составы, проверенные многолетней работой предприятий, они приведены в табл. 79.

Таблица 79

Составы растворов и режимы оксидирования литых и катаных магниевых сплавов

Компоненты растворов и режимы оксидирования	Единица измерения	Литые сплавы	Катаные металлы
Двуххромовокислый калий	г/л	40—50	25—30
Хлористый аммоний	»	0,7—1,2	0,7—1,0
Азотная кислота (уд. вес 1,4) . . .	мл/л	70—80	10—15
Рабочая температура	°С	70—80	70—80
Выдержка	мин.	1—2	4—5

При оксидировании в этом растворе происходит некоторое уменьшение размеров изделий, например, для литых деталей потери доходят до 5 мк.

При оксидировании, предназначенном для длительной эксплуатации деталей, целесообразно пользоваться экономичным химическим методом в растворе следующего состава и режима работы:

Двуххромовокислый калий	30—50 г/л
Квасцы алюмокальциевые	8—12 »
Уксусная кислота (60-процентная)	5—7 мл/л
Величина рН	3,5
Рабочая температура	15—30° С
Выдержка	5—10 мин.

Оксидированные детали промывают в холодной воде и пассивируют в растворе хромпика, как и при временной защите.

Оксидная пленка имеет цвет от золотистого до черного и изменяет размеры деталей в пределах 1 мк. Коррозионная стойкость ее и адгезионная способность удовлетворительны, а жаростойкость находится в пределах 150° С.

Электрохимический способ оксидирования рекомендуется вести на переменном токе в электролите следующего состава и режима работы:

Кислый фтористый аммоний	250—350 г/л
Двуххромоокислый натрий	60—80 »
Ортофосфорная кислота (85-процентная)	55—70 мл/л
Температура электролита	70—80° С
Плотность тока	5—6 а/дм ²
Выдержка	30—40 мин.
Напряжение	75—85 в

Оксидирование производят в ванне, изготовленной из стали марки 1Х18Н9Т.

Оксидная пленка имеет темно-зеленый цвет, толщину до 40 мк и жаростойкость до 350° С. Она способствует хорошему сцеплению основы с лакокрасочными покрытиями и обладает отличной коррозионной стойкостью.

Удаление старых или забракованных оксидных пленок производят погружением детали в горячий и крепкий раствор каустической соды, после чего детали оксидируют вновь.

Местное оксидирование. Для покрытия отдельных незаоксидированных участков, поврежденных оксидной пленки и прочих мелких дефектов применяют местное оксидирование. Для этой цели покрываемый участок обезжиривают путем протирания тканью, смоченной бензином Б-70, после чего ватным тампоном наносят оксидирующий раствор. Раствор имеет следующий состав:

Хромовый ангидрид	45 г
Окись магния	8—9 г
Серная кислота (уд. вес 1,84)	0,8—1 мл
Вода	1 л

Нанесение раствора производят путем натирания участка в течение 40—50 сек., после чего следует протирка влажной ватой, затем сухой тканью и сушка сжатым воздухом.

Одного литра раствора достаточно для местного оксидирования поверхности площадью 2—2,5 м². Полученная оксидная пленка обладает вполне удовлетворительными защитными и адгезионными свойствами.

Местное оксидирование деталей, покрываемых смазочными маслами, осуществляется в растворе следующего состава:

Селенистая кислота	20—25 г/л
Двуххромоокислый натрий	10—12 »

Нанесение этого раствора производят так, как описано выше. Оксидная пленка обладает высокими защитными свойствами.

12. Оксидирование меди и прочих цветных металлов и сплавов

Оксидирование меди и ее сплавов применяется для защиты от коррозии, для чернения и декоративной отделки в приборостроении, оптико-механической промышленности, морском судостроении и прочих отраслях промышленности.

Электрохимический метод оксидирования медных или медненных стальных деталей нашел наиболее широкое применение на многих заводах вследствие своей простоты и высокой экономичности.

Стальные детали, покрытые медью, должны иметь толщину слоя покрытия не менее 3—5 мк. Перед оксидированием поверхность деталей обезжиривают и декапируют по обычному процессу подготовки меди к покрытию.

В качестве электролита для оксидирования применяют раствор каустической соды концентрацией 80—120 г/л. Детали в процессе обработки являются анодами. Катодами служат стальные листы.

Перед началом эксплуатации электролита необходима проработка его до получения голубого оттенка раствора. Рабочая температура процесса 80—90° С. Анодная плотность тока 0,5 а/дм², при выдержке 20—30 мин., и повышается по мере сокращения выдержки и повышения температуры процесса.

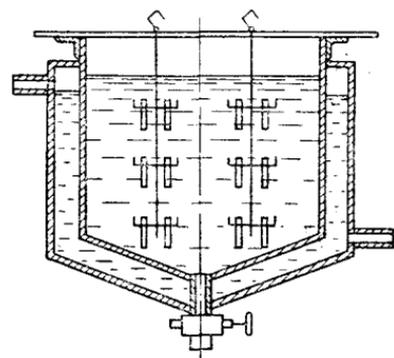
Оксидная пленка состоит из окиси меди, имеет толщину 1,0—1,2 мк и глубокий бархатисто-черный цвет, переходящий в гладкий полублестящий после протирки веретенным маслом.

Из химических методов на оптических и других заводах получил применение метод оксидирования в щелочном персульфатном растворе. Рекомендуется следующий состав и режим обработки:

Сода каустическая	50—60 г/л
Персульфат калия	14—16 »
Рабочая температура	60—65° С
Выдержка	5 мин.

Корпус ванны сваривают из листового железа в форме цилиндрического котла с коническим дном и с пароводяной рубашкой, как это показано на фиг. 47.

Характерной особенностью процесса является внезапное выделение



Фиг. 47. Ванна для оксидирования меди в персульфатном растворе.

пузырьков кислорода на поверхности оксидируемых деталей, что указывает на окончание процесса формирования пленки.

Полученная оксидная пленка состоит из окиси меди, имеет глубокий черный цвет, блестящую поверхность и толщину около 1 мк, практически не влияющую на размеры изделий.

Оксидирование латуни химическим способом получило широкое применение благодаря простоте и экономичности процесса и красивому декоративному виду оксидной пленки. Перед оксидированием детали обрабатывают в подкисленном растворе хромпика следующего состава и режима работы:

Двуххромовокислый калий	70—80 г/л
Серная кислота (уд. вес 1,84)	20—25 мл/л
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	15—20 сек.

Затем детали промывают в холодной проточной воде, декапируют в 5-процентном растворе серной кислоты, снова промывают и оксидируют в растворе, концентрация компонентов которого может колебаться в широких пределах при указанном ниже режиме обработки:

Водный 25-процентный раствор аммиака	100+1000 мл/л
Медь углекислая свежеосажденная	40+200 г
Рабочая температура	15—30° С
Выдержка	25—30 мин.

Оксидная пленка имеет черный цвет с синеватым отливом, при сохранении на полированной поверхности металлического блеска.

Предохранение серебра и серебряных покрытий от потемнения осуществляется путем нанесения на их поверхность электрохимическим способом окиси бериллия. Электролитом является раствор сернистого бериллия с концентрацией его 2,5 г/л и величиной $\text{pH} = 5,6-5,8$. Детали завешивают в качестве катода. Аноды изготовляют из нержавеющей стали. Рабочая температура раствора 15—25° С. Процесс ведут при катодной плотности тока 0,005—0,010 а/дм² с выдержкой 30 мин.

Оксидирование нихрома осуществляется химическим путем в расплавленной каустической соде с добавкой 5% (вес.) селитры или нитрита натрия. Оксидирование производят при температуре 500° С с выдержкой 1—1,5 часа. Оксидная пленка имеет черный цвет и пробивное напряжение до 50—60 в.

Анодное оксидирование титановых сплавов осуществляется следующим путем. Детали обезжиривают, протравливают в 20-процентном растворе азотной кислоты с добавкой фтористоводородной кислоты или ее кислых солей в количестве 20—30 г/л. После промывки в холодной воде детали оксидируют в одном из щавелевокислых электролитов с составами и режимами, принятыми для алюминия и его сплавов. При этом оксидная пленка приобретает яркий желтый цвет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнер Я. В., Дасоян М. А., Дринберг А. Я., Тарасенко А. А., Хаин И. И., Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Машгиз, 1951.
2. Грилихес С. Я., Библиотечка гальванотехника, вып. 9, Защита металлов оксидными и фосфатными пленками, Машгиз, 1961.

ГЛАВА XII

ФОСФАТИРОВАНИЕ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

1. Фосфатирование черных металлов

Фосфатирование является химическим процессом образования на поверхности стали и чугуна пленки нерастворимых в воде фосфорнокислых соединений марганца и железа, происходящих под действием раствора препарата мажеф. Этот препарат (ГОСТ 6193—52) получил название по начальным буквам его составных частей — марганца, железа и фосфорной кислоты. Соответственно составу этого препарата и фосфатная пленка на черных металлах состоит из фосфорнокислых солей этих металлов, имеет темно-серый цвет и пористую мелкокристаллическую структуру.

Толщина фосфатной пленки колеблется от 7—8 до 40—50 мк и зависит от вида механической обработки, способа подготовки поверхности к покрытию, а также от состава раствора и режима фосфатирования.

Прочность сцепления фосфатной пленки со сталью весьма велика. При перегибании фосфатированного листа железа на 180° С фосфатная пленка дает трещины и осыпается в точках изгиба, но не отслаивается и не допускает проникновения коррозии под пленку. Пластинчатые кристаллы нерастворимых фосфатов создают высокоразвитую микропористую структуру фосфатной пленки, поэтому она хорошо впитывает в себя и прочно удерживает различные лаки, краски и смазки. Пленка обладает высокими электроизоляционными свойствами. Ее пробивное напряжение достигает 1000 в и может быть еще более повышено путем ее пропитывания специальными изоляционными лаками.

Магнитная проницаемость электротехнических марок стали полностью сохраняется при фосфатировании. Механические свойства стали также не изменяются при фосфатировании. Твердость и износостойкость фосфатной пленки невелики. Жаростойкость и электроизоляционные свойства ее сохраняются до 550—600° С.

Пленка не смачивается расплавленными металлами. Основным ценным свойством фосфатной пленки является ее высокая коррозионная стойкость по отношению ко всем видам горючих, смазочных и органических масел, к бензолу, толуолу и к газам, кроме сероводорода. В очень агрессивных средах, например в щелочах, кислотах, аммиаке, в пресной и морской воде и в водяном паре, фосфатная пленка нестойка. Однако ее коррозионная стойкость легко может быть повышена во много раз путем пропитывания ее смазочными маслами или лаками.

В целях ускорения процесса фосфатирования и понижения рабочей температуры растворов в их состав вводят различные добавки, вплоть до замены самого препарата мажеф фосфорной кислотой. Следует, однако,

отметить, что введение добавок в фосфатирующие растворы обычно не повышает защитных свойств пленки и чаще снижает их.

Фосфатирование является одним из самых простых экономичных и надежных способов массовой защиты от коррозии деталей из черных металлов главным образом углеродистых и низколегированных марок стали и чугуна. Высоколегированные стали, особенно хромовольфрамовые, хромованадиевые и стали, легированные медью, фосфатируются с трудом, и образующаяся пленка имеет низкое качество.

Фосфатирование в целях защиты от коррозии применяется также для цветных металлов: алюминия, цинка, магния и др.

2. Подготовка к фосфатированию

Подготовка поверхности к фосфатированию существенно сказывается на качестве фосфатной пленки. Например, детали, имеющие чистовую механическую обработку кругом, фосфатируются с образованием тонкой мелкокристаллической пленки, с толщиной около 6—10 мк. Такие же результаты дает подготовка поверхности посредством очистки металлическим песком, гидropескочистки и сухой галтовки с песком. Травление приводит к образованию рыхлой крупнокристаллической пленки, толщиной до 40—50 мк. Поэтому детали после травления промывают в 3—5-процентном растворе кальцинированной соды, затем промывают в воде, и только после этого фосфатируют.

Для предохранения отдельных участков от фосфатирования их изоляцию производят резиновым клеем или хлорвиниловыми лаками.

Приспособления для зашивания деталей при фосфатировании изготовляют из углеродистой стали.

Мелкие крепежные детали фосфатируют в железных сетчатых корзинах, достаточно глубоких для перетряхивания деталей и устранения непокрытых участков. При наличии большой программы мелкие детали загружают в сетчатые барабаны и фосфатируют в ваннах при вращении как это делается при гальванических покрытиях.

3. Химическое фосфатирование без введения добавок

Этот вид фосфатирования наиболее распространен, так как фосфатная пленка при этом процессе наиболее доброкачественная. Общепринятая концентрация препарата мажеф при фосфатировании равна 27—32 г/л. Растворение препарата сопровождается частичным его разложением с образованием нерастворимых соединений, осаждающихся на дне ванны. Полностью удалять этот осадок со дна ванны нельзя, так как он участвует в образовании фосфатной пленки.

При фосфатировании без добавок процесс ведут при рабочей температуре раствора 96—98° С. Для получения заданной температуры раствор доводят до кипения, после чего нагревание выключают, и дав осесть взмученному осадку, загружают детали. Для поддержания температуры подогревание раствора ведут непрерывно, не давая раствору вскипеть, так как взмученный осадок, поднимаясь со дна, осаждается на поверхности деталей, придавая им грязный серый вид, и ухудшает качество фосфатной пленки.

Реакция между компонентами препарата мажеф и металлом деталей сопровождается бурным выделением водорода, которое постепенно снижается и заканчивается полностью, когда вся поверхность деталей покроеется, без просветов, нерастворимой пленкой. Для полной уверенности

в окончании процесса детали выдерживают в ванне еще 5—10 мин., после чего выгружают, промывают и сушат.

Продолжительность фосфатирования зависит от назначения фосфатной пленки. Так, при фосфатировании в целях защиты от коррозии выдержка деталей в ванне зависит от марки стали и колеблется в пределах 1,0—2 час. Для электроизоляционного покрытия время выдержки в ванне составляет 30—40 мин., а для предохранения от затекания расплавленного металла достаточно 20—30 мин. В последних случаях выгрузку деталей производят до окончания реакции.

Корпус ванны фосфатирования сваривают из листового железа, без футеровки внутри. При подогревании паром ванну снаружи покрывают теплоизоляционной массой или обшивают деревом. В этом случае глухой паровой змеевик делают съемным и располагают внутри ванны по задней стенке. Наиболее пригодными металлами для змеевиков являются фосфористая бронза, латунь или никелированные, или хромированные стальные трубы. Более удобен электрический нагрев ванн. Для этого в конструкции ванны предусмотрен стальной кожух, футерованный внутри огнеупорным кирпичом, с расположенными вдоль ее стенок спиралями для электрообогрева. Рабочий корпус ванны для удобства ремонта делают съемным.

Удаление водорода и паров воды из ванны производится посредством бортовой вентилиации, отсасывающей газы и пары из-под крышки, которой после загрузки деталей закрывают ванну.

Весьма целесообразно покрывать зеркало ванны слоем пушечного сала толщиной 3—5 мм. Расплавленная смазка во много раз снижает расход энергии на поддержание температуры, предохраняет раствор от испарения и не мешает процессу фосфатирования. Подобное действие оказывают поплавки из пруткового полиэтилена или пенопласта.

Массовое фосфатирование крепежных и мелких деталей осуществляется в ванне с вращающимися барабанами, как это происходит при гальванических процессах.

Барабан изготавливают шестигранного сечения, из листового железа, с задвижной дверцей для загрузки и выгрузки деталей и с шестерней для вращения, закрепленной по оси на одном из торцов. Диаметр барабана обычно принимают равным 500—600 мм при длине 600—800 мм.

Скорость вращения барабана не выше 15—25 об/час. Загрузка барабана составляет 40—50 кг деталей. Выдержка та же, что и для деталей в стационарных ваннах. Удельный расход препарата мажеф составляет 120—140 г/м² фосфатируемой поверхности.

Фосфатирование деталей с большой поверхностью требует корректирования раствора после выгрузки каждой партии деталей. Добавку в раствор сухого препарата производят на основании результатов анализа, который ввиду его простоты производится бригадой или рабочим без передачи пробы раствора в лабораторию.

При накоплении на дне ванны большого количества осадка, мешающего нормальной ее эксплуатации, раствор сливают, осадок удаляют из ванны и вновь производят ее зарядку.

Фосфатная пленка имеет темно-серый цвет, темнеющий после промасливания. При фосфатировании в барабанах пленка гораздо светлее, но также темнеет при протирке деталей веретенным маслом.

При фосфатировании деталей, имеющих участки поверхности с различными видами механической и термической обработки, цвет фосфатной пленки на этих участках может быть различным.

Забракованные фосфатные покрытия стравливают в 10—15-процентном растворе серной кислоты, после чего повторяют процесс фосфатирования вновь.

4. Фосфатирование в горячих растворах с введением добавок

Введение различных добавок в растворы для фосфатирования ускоряет процесс образования фосфатной пленки и позволяет вести его при более низких температурах. В ряде случаев препарат мажеф полностью заменяют кислыми фосфорнокислыми солями натрия, цинка, марганца и даже фосфорной кислотой.

В качестве окислителей обычно применяют нитрит натрия, селитру и другие соли азотной кислоты. Сокращение времени процесса и снижение его рабочей температуры позволяют еще более удешевить этот массовый, экономичный и надежный способ защиты от коррозии.

Фосфатные пленки, полученные из этих растворов, часто характеризуются малой толщиной и пониженной стойкостью в коррозионных средах. В связи с этим при защите деталей от коррозии они используются только в качестве грунта с последующей лакировкой и окраской поверхности. Примером использования таких растворов является струйное фосфатирование крупных штампованных деталей в многокамерном агрегате, объединяющем все операции процесса. В агрегат входят 7 ванн, из которых рабочие растворы и промывная вода подаются центробежными насосами через форсунки под давлением 1,4 *ати*. Характеристика операций приведена в табл. 80.

Насос, форсунки и прочие детали оборудования для ванны фосфатирования изготовляют из стали 1Х18Н9Т. Кислотность фосфатирующего раствора составляет 10—12 точек. Углекислую медь вводят в фосфатирующий раствор только при зарядке ванны, не производя повторных ее добавок при последующем корректировании. Полученная фосфатная пленка имеет светло-серый цвет, мелкокристаллическую структуру и удовлетворительную коррозионную стойкость.

При фосфатировании крупных деталей с погружением их в ванну рекомендуется следующий состав и режим обработки:

Мажеф	30 г/л
Азотнокислый цинк	60 »
Азотнокислый натрий	4—5 г/л
Фосфорная кислота	0,1—1 »
Рабочая температура	92—96° С
Выдержка	8—10 мин.

Для составления раствора нагревают воду до 60°С, загружают расчетное количество препарата мажеф и около суток при кипении прогревают раствор, затем температуру снижают и вводят остальные компоненты. Раствор перемешивают, отбирают 10 мл и титруют в присутствии фенолфталеина 0,1 н. раствором едкого натра для определения общей кислотности, которая должна составлять 36—40 точек. Таким же путем, но в присутствии метилоранжа определяют свободную кислотность, поддерживая ее равной 3,5 точкам. Корректирование кислотности производят препаратом мажеф.

Фосфатированные детали пассивируют раствором двуххромовокислого калия с концентрацией 2—3 г/л и сушат. Раствор непригоден для струйной обработки больших поверхностей, но может быть нанесен на них

Таблица 80

Составы растворов и режимы струйного фосфатирования

Операция	Составы растворов	Концентрация в г/л	Рабочая температура в °С	Выдержка в мин.
Обезжиривание	Тринатрийфосфат	30—50	75—80	1—3
	Сода кальцинированная	30—50		
Промывка в горячей воде	Вода	—	65—75	1
Промывка в теплой воде	Вода	—	50—60	1
Фосфатирование	Монофосфат цинка	14	55—65	3
	Селитра натриевая	28		
	Медь углекислая	0,06		
Промывка в теплой воде	Вода	—	50—60	1
Пассивирование	Хромовый ангидрид	2,0—2,5	70—80	1
Промывка в конденсатной воде	Вода	—	75—85	1
Сушка	—	—	160—180	5—7

в виде пасты. Для этой цели фосфатный раствор смешивают с тальком до сметанообразной консистенции (3 вес. ч. раствора к 2 вес. ч. талька). Полученную пасту наносят кистью, дают ей прореагировать с поверхностью детали в течение 30 мин., после чего смывают водой, пассивируют раствором хромпика, как указано ранее, и сушат. Пленка имеет мелкокристаллическую структуру и используется как грунт под окраску.

Для фосфатирования металлов применяют также следующий состав и режим покрытия:

Мажеф	40 г/л
Азотнокислый цинк	65 »
Фтористый натрий	5 »
Величина pH	3—4
Рабочая температура	50—60° С
Выдержка	10 мин.

Фосфатная пленка имеет светло-серый цвет, толщину около 10 мк, мелкокристаллическую структуру и при испытании в насыщенном растворе медного купороса выдерживает 10-минутное погружение.

Черные фосфатные пленки с высокими защитными свойствами получают путем последовательной обработки деталей в ряде растворов. После очистки и подготовки к покрытию детали погружают в раствор, для которого рекомендуется следующий состав и режим обработки:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1.7)	40—45 г/л
Окись цинка	6—8 г/л
Стружка малоуглеродистой стали	4—5 »
Общая кислотность	50—60 точек
Свободная кислотность	10—14 «
Рабочая температура	90—95° С
Выдержка	10 мин.

Затем детали промывают в холодной проточной воде и подвергают мыльно-содовой обработке в следующем эмульсионном составе при режиме работы:

Мыло хозяйственное	40—50 г/л
Сода кальцинированная	10—20 »
Рабочая температура	85—95° С
Выдержка	1—3 мин.

После мыльно-содовой обработки детали вторично фосфатируют в растворе со следующим составом и режимом покрытия:

Мажеф	25—30 г/л
Азотнокислый цинк	140—160 »
Сода кальцинированная	2—3 »
Рабочая температура	50—60° С
Общая кислотность	не менее 60 точек
Свободная кислотность	1—3 точки
Выдержка	10 мин.

Фосфатированные детали промывают в холодной проточной воде, обрабатывают в мыльно-содовом растворе и пассивируют в растворе двуххромовокислого калия концентрации 80—100 г/л в течение 2—3 мин. при температуре 80—90° С. Затем детали промывают, сушат и промасливают веретенным маслом.

Полученная фосфатная пленка имеет глубокий черный цвет, толщину 3—4 мк и выдерживает шестичасовое испытание в 3-процентном растворе поваренной соли.

5. Фосфатирование в растворах без подогрева

При фосфатировании для получения пленки, заменяющей грунт под окраску, применяется следующий состав и режим обработки:

Мажеф	25—30 г/л
Азотнокислый цинк	35—40 »
Фтористый натрий	5—10 »
Выдержка	40 мин.

Этот состав может быть использован при более высоких концентрациях препарата мажеф (до 50—60 г/л) и азотнокислого цинка (до 50—90 г/л). Общая кислотность таких растворов составляет 60—70 точек, а свободная — 3—3,5 точки. Выдержка деталей в концентрированных растворах не уменьшается, но если фтористый натрий заменить нитритом натрия в количестве 2—3 г/л, то выдержка может быть сокращена до 15—20 мин.

Фосфатная пленка имеет темно-серый цвет, мелкокристаллическую структуру и обладает хорошей сплошностью.

Указанные растворы в смеси с тальком (в соотношении 3 : 2) применяют для фосфатирования больших поверхностей.

Эти растворы можно наносить на поверхность деталей кистью. Для получения надежных результатов нанесение раствора производят трехкратно, с промежуточными сушками на воздухе. Затем детали промывают струей воды и раствором двуххромовокислого калия с концентрацией 2—3 г/л и сушат. Следует отметить, что фосфатирование в холодных растворах дает хорошие результаты лишь для деталей, обработанных механически или посредством пескоструйной очистки. Травление поверхности черных металлов не обеспечивает получения хороших результатов.

Фосфатирование в стационарных ваннах с раствором, содержащим мксфосфат цинка, производится при следующем составе и режиме работы:

Монофосфат цинка	60—70 г/л
Азотнокислый цинк	80—100 »
Нитрит натрия	0,3—1,0 »
Общая кислотность	75—95 точек
Выдержка	15—25 мин.

Монофосфат цинка готовят непосредственно в цехе, вводя в ортофосфорную кислоту окись цинка в стехиометрическом отношении.

После фосфатирования детали пассивируют в растворе хромового ангидрида с концентрацией 0,1 г/л в течение 1 мин. при температуре 50—70° С. Пленка имеет серый цвет и применяется в качестве грунта под окраску.

Ряд растворов для фосфатирования в качестве основы содержит ортофосфорную кислоту.

Наибольшее употребление получил сравнительно простой и экономичный раствор, применяемый многими заводами. Для него рекомендуется следующий состав и режим фосфатирования:

Ортофосфорная кислота	80—85 г/л
Окись цинка	18—21 »
Нитрит натрия	1—2 »
Величина рН	2,7—3,2
Выдержка	15—20 мин.

Корректирование раствора заключается главным образом в поддержании кислотности и в систематических добавках нитрита натрия. После фосфатирования детали промывают, пассивируют в горячем растворе двуххромовокислого калия и сушат, а затем промасливают или окрашивают.

6. Фосфатирование с наложением электрического тока

Фосфатирование с использованием переменного тока получило применение в автомобильной промышленности для получения грунта под окраску. Для этой цели рекомендуется следующий состав и режим работы:

Ортофосфорная кислота	22 г/л
Окись цинка	9 »
Тринатрийфосфат	25 »
Рабочая температура	65—70° С
Плотность тока	2—3 а/дм ²
Выдержка	15—20 мин.

Питание ванны током осуществляется от сети переменного трехфазного тока, трансформируемого до рабочего напряжения 15—20 в, которое и подается на шины ванны. Детали завешивают на три штанги (без применения специальных электродов) так, чтобы они не соприкасались между собой и со стенками ванны.

Фосфатная пленка имеет желтовато-серый цвет, мелкозерниста и обладает хорошей коррозионной стойкостью.

После фосфатирования детали пассивируют в горячем растворе хромпика, сушат и окрашивают.

Для фосфатирования при постоянном токе применяется следующий состав раствора и режим работы:

Мажеф	60—80 г/л
Азотнокислый цинк	50—100 »
Окись цинка	3—10 »
Фтористый натрий	2—10 »
Рабочая температура	20—30° С
Катодная плотность тока	0,3—0,5 а/дм ²
Выдержка	10—15 мин.

Детали завешивают в качестве катодов. Анодами служат пластины цинка. Напряжение на шинах ванны 10—15 в. Фосфатная пленка имеет темно-серый цвет, мелкокристаллическую структуру и хорошие защитные свойства. Этот же раствор при измененных режимах пригоден для фосфатирования цинка и алюминия.

7. Примеры специального фосфатирования деталей

Электроизоляционное фосфатирование. Фосфатные пленки обладают высокими электроизоляционными свойствами. Особенности процесса фосфатирования с целью получения фосфатной пленки, обладающей электроизоляционными свойствами, заключаются лишь в специальной подготовке поверхности изделий к покрытию и в контроле электроизоляционных свойств. Так, при фосфатировании статорного и трансформаторного железа, ленты и прочих подобных деталей, изготовленных из листового железа кремнистых и электротехнических марок, необходимо прежде всего удалить кремнистую окисную пленку, покрывающую после проката всю поверхность листа. Для этой цели пластины, штампованные из листа, монтируют в приспособлениях так, чтобы они располагались вертикально, с минимальными зазорами для омывания растворами. Затем детали обезжиривают в горячем щелочном растворе, промывают и подвергают травлению в растворе соляной кислоты (уд. вес 1,19) с добавкой 5% фтористоводородной кислоты при температуре 15—25° С с выдержкой 10—15 мин.

После травления детали промывают в холодной проточной воде, погружают в раствор кальцинированной соды, промывают и завешивают в ванну фосфатирования. В тех случаях, когда толщина фосфатного слоя не сказывается на точности сборки узлов машин, фосфатирование ведут в горячем растворе соли мажеф концентрации 30 г/л с выдержкой не менее 30—40 мин. При этом толщина фосфатной пленки достигает 15—20 мк. Фосфатированные детали промывают в холодной проточной воде, пассивируют в течение 10 мин. в горячем 5—10-процентном растворе двуххромовокислого калия, снова промывают в горячей воде и сушат. Фосфатная пленка имеет серый цвет и мелкокристаллическую структуру.

При проведении ногтем на поверхности пленки остается отчетливо заметная белая черта.

Электроизоляционные свойства проверяют при заданном давлении груза, удельная величина которого в каждом отдельном случае определяется техническими требованиями.

Для получения тонкой электроизоляционной пленки с толщиной, не превышающей 7—10 мк, и с высокими электроизоляционными свойствами применяют фосфатирование с более сложной схемой подготовки пластин железа.

Пластины железа после штамповки отжигают в печи, постепенно откачивая воздух до глубокого вакуума и повышая температуру до 800° С. Затем температуру постепенно снижают и после остывания печи детали выгружают. Весь процесс вакуум-термообработки длится около двух суток. Пластины монтируют в приспособления, как это указано выше, обезжиривают, промывают и декапируют в 50-процентном растворе ортофосфорной кислоты.

Для фосфатирования применяют следующий состав раствора и режим работы:

Мажеф	34—45 г/л
Азотнокислый цинк	45—55 »
Рабочая температура	96—98° С
Выдержка	15—20 мин.

Заключительные операции производят, как указано выше. Фосфатная пленка имеет светло-серый цвет и сопротивление не менее 2 *Мом* при проверке тестером на 500 в.

Фосфатирование деталей, подвергаемых азотированию. При азотировании внутренней поверхности гильз двигателя внутреннего сгорания, изготовленных из стали 38ХМЮА, твердость ее повышается до 850 единиц по Виккерсу. Если детали, подлежащие азотированию, предварительно подвергнуть фосфатированию, то твердость азотированного слоя возрастет до 1000 единиц. Фосфатирование для этого производят в растворе соли [мажеф концентрации 30—40 г/л при температуре 96—98° С в течение 20—30 мин.

Фосфатирование шестерен. Для ускоренного фосфатирования шестерен с целью улучшения приработки и предотвращения задиров принят следующий состав раствора и режим обработки:

Мажеф	35—40 г/л
Азотнокислый цинк	50—60 »
Азотнокислый барий	1,2—1,5 »
Рабочая температура	96—98° С
Выдержка	5—7 мин.

После фосфатирования детали промывают в холодной проточной воде, пассивируют в 6—8-процентном растворе двуххромовокислого калия без подогрева в течение 5—10 мин., промывают, сушат и промасливают каким-либо смазочным маслом. Цвет пленки колеблется от светлого до темно-серого.

Фосфатирование труб. Для фосфатирования труб при их волочении используют следующий состав раствора и режим фосфатирования:

Окись цинка (в пересчете на ион цинка)	3—9 г/л
Ортофосфорная кислота	1—8 »
Азотная кислота	12—20 »
Примесь закисного железа	0—25 »
Общая кислотность	20—27 точек
Свободная кислотность	1—6 »
Рабочая температура	50—65° С
Выдержка	7—10 мин.

При снижении концентрации фосфорной кислоты до 1 г/л раствор корректируют указанными компонентами, используя для этого промежуточные растворы с высокой концентрацией компонентов (по 100—120 г/л).

После фосфатирования трубы промывают в воде, погружают на 5 мин. в 3—4-процентный раствор мыла и протягивают на волочильных станах со скоростью 25—30 м/мин.

Полученная фосфатная пленка позволяет протягивать трубы в 2 прохода, без предварительного меднения и травления. При этом способе фосфатирования расход реагентов ниже, чем при цинкофосфатном, а сам процесс ведется непрерывно, без остановки ванн для удаления шлама. Удельный расход химикатов составляет: окиси цинка 0,5 кг, ортофосфорной кислоты 1,11 кг и азотной кислоты 0,45 кг на 1 т труб.

Для фосфатирования высокопрочных сталей типа 30ХГСНА в целях защиты от коррозии применяется следующий состав раствора и режим обработки:

Монофосфат цинка	10—20 г/л
Азотнокислый барий	40—50 »
Рабочая температура	80—85° С
Выдержка	5—15 мин.

Шламообразование при фосфатировании отсутствует, фосфатная пленка имеет черный цвет и обладает хорошими защитными свойствами. Для повышения защитной способности пленку пропитывают кремнеорганическим лаком ГКЖ-94 с последующей сушкой при 110—130° С в течение 45—60 мин.

Фосфатирование пружин. Особенностью процесса является отсутствие наводороживания при фосфатировании и сохранение механических свойств пружины. Перед фосфатированием пружины обезжиривают, промывают и снимают с их поверхности налет контактной меди (нанесенный перед волочением) в растворе хромового ангидрида с добавкой сернокислого аммония. После промывки пружины предварительно фосфатируют в водном растворе суперфосфата (ОСТ 10918—40) при температуре 40—50° С в течение 10 мин., после чего промывают и переносят в ванну с раствором для вторичного фосфатирования. Состав раствора и режим фосфатирования следующие:

Мажеф	30—35 г/л
Азотнокислый цинк	60—65 »
Общая кислотность	38—45 точек
Свободная кислотность	3,5—4,5 точки
Рабочая температура	85—96° С
Выдержка	10—15 мин.

После фосфатирования пружины промывают в горячей воде, пассивируют в горячем растворе хромпика в течение 15—20 мин., промывают

и сушат. Окончательная отделка пружин заключается в погружении их в масляный лак № 92а, разбавленный в 4—5 раз бензином. Отлакированные пружины сушат при 120—140° С в течение 1,5—2 час.

8. Фосфатирование стальных цинкованных деталей

Для получения доброкачественной мелкокристаллической фосфатной пленки на поверхности оцинкованных стальных деталей они должны подвергаться слабой гидроскоочистке и протирке известью или обработке в мыльно-содовом растворе. Для этой цели рекомендуется следующий состав раствора и режим обработки:

Мыло хозяйственное ядровое	1—4 г/л
Сода кальцинированная	3—6 »
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	30—60 сек.

Затем детали промывают в горячей проточной воде и фосфатируют в растворе со следующим составом и режимом покрытия:

Ортофосфорная кислота	20—30 г/л
Окись цинка	20—25 »
Азотная кислота	20—30 »
Нитрит натрия	1,5—2 »
Общая кислотность	55—60 точек
Свободная кислотность	2—5 »
Рабочая температура	28—33° С
Выдержка	25—30 мин.

Фосфатированные детали промывают в холодной проточной воде, пассивируют в 3—5-процентном растворе хромпика при температуре 70—80° С в течение 0,5—1 мин., промывают, сушат сжатым воздухом и в сушильном шкафу при 100—120° С в течение 5—10 мин.

Составы фосфатирующих растворов на основе препарата мажеф, применяемые для оцинкованных деталей и обеспечивающие им хорошие защитные свойства, а также режимы процесса фосфатирования, приведены в табл. 81.

Доброкачественная фосфатная пленка увеличивает коррозионную стойкость лакокрасочных покрытий, нанесенных на фосфатный грунт, в 8—10 раз, что является прямым следствием улучшения сцепления лакокрасочного покрытия с основой благодаря наличию фосфатной пленки.

Катодное фосфатирование цинкового литья и гальванических покрытий может быть осуществлено в электролите, приведенном в п. 6 этой главы для работы на постоянном токе. Для фосфатирования рекомендуется температура электролита 15—25° С, катодная плотность тока 0,2—0,3 а/дм². Общая кислотность раствора 16—20 точек, при величине рН = 2,9—3,1. Выдержка сначала при катодном процессе 5—7 мин., а затем без тока, в том же растворе, в течение 3—5 мин. В качестве анодов применяют свинцовые пластины.

В практике защиты от коррозии имеют место случаи, когда одна часть детали подвергается хромированию или другому гальваническому покрытию, а остальная поверхность фосфатируется. При этом в процессе хромирования участки детали, не подлежащие хромированию, под действием электролита пассивируются и последующее их фосфатирование не дости-

Таблица 81

Составы растворов и режимы фосфатирования для цинкованных деталей

Компоненты растворов и режимы фосфатирования	Единица измерения	Раствор № 1	Раствор № 2
Мажеф	г/л	30	30
Азотнокислый цинк	»	60	60—80
Фтористый натрий	»	—	2—3
Нитрит натрия	»	2	—
Общая кислотность	точки	38—43	42—55
Свободная кислотность	»	0,5—1,4	1,3—2
Рабочая температура	°С	18—25	18—25
Выдержка	мин.	20—30	30—40

гает цели. Для устранения этого явления детали обрабатывают в растворе, содержащем следующие компоненты, при режиме работы:

Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,14)	55% (объемных)
Вода	43% »
Фтористый натрий	2% (вес)
Рабочая температура	15—25° С
Выдержка	не свыше 5 мин.

После такой обработки фосфатирование деталей с хромированными участками не встречает затруднений.

9. Фосфатирование алюминия, магния и их сплавов

Фосфатирование алюминия и его сплавов широко применяется для создания грунта под окраску и может производиться как химическим, так и электролитическим путем. Алюминиевые детали после обычной подготовки к покрытию, т. е. после щелочного травления и осветления в азотной кислоте, фосфатируют, применяя следующий состав и режим обработки:

Ортофосфорная кислота	10—15 г/л
Азотнокислый цинк	18—22 »
Борфтористоводородный цинк	10—15 »
Рабочая температура	75—85° С
Выдержка	0,5—4 мин.

Изменение выдержки зависит от степени истощенности раствора. Фосфатированные детали промывают в холодной проточной воде, пассивируют в 3—5-процентном растворе хромовой кислоты подогретом до 70—80° С, и сушат. Указанный раствор может быть использован также для фосфатирования других металлов.

Фосфатная пленка на алюминии имеет светло-серый цвет, мелкокристаллическую структуру и малую толщину; состоит она главным образом из фосфорнокислых соединений цинка и алюминия. По своей твердости, механическим и защитным свойствам фосфатная пленка вполне пригодна для использования в качестве грунта под окраску. Аналогично тому, как это применяют для листового железа, фосфатирование алюминия применяют для облегчения и улучшения процессов холодной вытяжки и глубокой штамповки.

Фосфатирование алюминия на катоде. Этот способ фосфатирования можно осуществлять в электролите, состав которого указан в п. 6 этой главы для работы на постоянном токе.

Общая кислотность раствора 18—25 точек при величине $\text{pH}=3,0-3,2$.

Фосфатирование ведут при температуре электролита 18—30° С, катодной плотности тока 0,1—0,2 $\text{a}/\text{дм}^2$, с применением цинковых анодов. Выдержка осуществляется в два этапа: сначала при катодном процессе 15—20 мин., а затем без тока, в том же растворе, в течение 3—5 мин.

Фосфатирование магниевых сплавов. Фосфатирование магниевых сплавов производят с предварительной подготовкой их поверхности (как это указано в п. II, гл. II). Для фосфатирования используют следующий состав раствора и режим обработки:

Мажеф	27—32 г/л
Фтсристый натрий	0,2—0,3 »
Рабочая температура	96—98° С
Выдержка	30—40 мин.

После каждой загрузки ванну корректируют препаратом мажеф. Фосфатная пленка сообщает поверхности деталей матовость и благодаря малой толщине практически не сказывается на изменении их размеров. Коррозионная стойкость фосфатных пленок ниже, чем пленок, полученных путем оксидирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по защитно-декоративным покрытиям. Под ред. проф. Н. П. Федотьева, Машгиз, 1951.
2. Бадальян Г. М., Защита металлов фосфатными и оксидными пленками, Судпромгиз, 1952.
3. Кадагер Л. И., Защитные пленки на металлах, Изд. Харьковского университета, 1956.
4. Лапатухин В. С., Фосфатирование металлов, Машгиз, 1958.
5. Ямпольский А. М., Технология оксидирования и фосфатирования металлов, Ленгиздат, 1960.

Г Л А В А XIII

ГОРЯЧИЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Наряду с гальваническими покрытиями в промышленности применяются также способы нанесения металлических покрытий металлизацией распылением, погружением в расплавленный металл, диффузионные способы покрытия и др.

1. Горячее цинкование и лужение

Горячее цинкование. Цинкование горячим способом осуществляется путем погружения очищенных от окислов и жировых загрязнений стальных изделий в ванну с расплавленным цинком. После извлечения изделий из ванны на их поверхности остается пленка цинка, которая в результате затвердевания образует слой плотного покрытия.

Применение горячего цинкования в ряде случаев более экономично, чем гальванического. В больших масштабах оно применяется для покрытия стальной проволоки различного назначения, для покрытия листовой стали, в том числе кровельного железа, труб, некоторых предметов бытового назначения и т. д.

Из четырех известных способов покрытия цинком на долю горячего цинкования приходится свыше 80% потребляемого на покрытие цинка. Цинковое покрытие, полученное горячим способом, благодаря частичному растворению цинка в железе состоит из двух слоев: нижнего, представляющего собой железоцинковый сплав, и верхнего, состоящего из чистого цинка.

Процесс горячего цинкования осуществляется путем выполнения подготовительных операций (травления, промывки), флюсования и цинкования.

Флюсование (обработка изделий флюсом) предназначено для обезживания изделий, удаления с их поверхности окислов, а также улучшения смачиваемости железной поверхности расплавленным цинком. Операции флюсования и цинкования совмещаются в одной ванне, так как изделие при погружении его в ванну с расплавленным цинком проходит через слой флюса, находящегося на поверхности расплавленного цинка.

В качестве флюса применяют смесь хлористого цинка и нашатыря, которая готовится растворением 3—5 кг нашатыря в 8—10 л жидкого хлористого цинка (уд. вес его 1,45—1,6).

Раствор флюса тонкой струей осторожно по желобу подают в флюсовую коробку; после испарения воды к слою флюса дополнительно добавляют нашатырь до тех пор, пока толщина слоя не составит 150—180 мм.

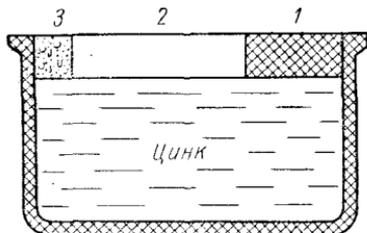
На фиг. 48 схематически представлено устройство ванны цинкования.

Операцию цинкования выполняют следующим образом. Изделие, например железное ведро, после травления и промывки с помощью

стальных щипцов погружают через флюсовую коробку в расплавленный цинк, затем с помощью других щипцов изделие извлекается через цинковую зону, встряхивается для удаления излишков цинка и оставляется для охлаждения.

Температуру ванны при цинковании поддерживают в пределах $430 \pm 460^\circ \text{C}$.

Метод горячего цинкования характеризуется очень высокой производительностью, так как продолжительность операции цинкования очень мала; при цинковании ленты и проволоки скорость их прохождения через ванну составляет $15\text{--}45 \text{ м/мин}$.



Фиг. 48. Схема ванны для горячего цинкования:

1—флюс; 2—цинковая зона для шлаков; 3—зона для шлаков.

Горячее цинкование шпильной посуды (ведра, тазы, бачки и т. п.) позволяет не только получить надежное защитное покрытие, но и хорошо герметизировать изделия за счет заполнения щелей цинком. При горячем цинковании мелких деталей применяют центрифугирование, для удаления излишков цинка в момент пока он еще не застыл.

Один из существенных недостатков метода горячего цинкования заключается в потере цинка на «угар» и другие отходы.

Горячее лужение. Горячее лужение применяется в производстве белой жести для консервной тары, а также в приборостроении для покрытия деталей, которые впоследствии подвергаются пайке, так как горячее облуживание деталей обеспечивает возможность пайки после длительного их хранения.

В качестве материала для облуживания используют чистое олово (для получения белой жести) и сплавы олова со свинцом (для других целей). Сплав, содержащий 60% олова и 40% свинца (ПОС-60), обладает самой низкой, по сравнению с другими сплавами, температурой плавления (183°C). По этой причине сплав ПОС-60 имеет очень широкое распространение.

Технология горячего облуживания во всех основных чертах аналогична горячему цинкованию. В качестве флюсующих добавок применяют хлористый цинк, нашатырь, канифоль.

2. Диффузионное цинкование

Диффузионное цинкование представляет собой процесс насыщения поверхностного слоя стальных изделий цинком. Для этой цели стальные детали совместно с тонким цинковым порошком подвергают термической обработке, в результате которой происходит диффузия (проникновение) цинка в сталь.

Материалом для покрытия служит цинковый порошок (пыль) с размером частиц $75\text{--}300 \text{ мк}$, являющийся отходом цинкового производства. Вспомогательным материалом служит флюс, состоящий из смеси хлористого цинка и нашатыря.

Процесс диффузионного цинкования осуществляется следующим образом: очищенные от жиров и окислов детали обрабатывают в горячем растворе флюса (около 90°C) и переносят для просушки в термостат, нагретый до $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$. После просушки детали вместе с цинковым порошком загружают в стальной барабан; количество порошка должно быть в 5—10 раз больше веса деталей. Крышка и швы барабана обмазываются глиной и барабан загружается в электрическую печь, нагретую до температуры $300\text{--}400^{\circ}\text{C}$. Толщина образующегося покрытия зависит от продолжительности термической обработки. В табл. 82 приведена зависимость толщины покрытия от времени выдержки деталей в печи.

Таблица 82

Зависимость толщины диффузионного цинкового покрытия от продолжительности термической обработки

Время выдержки в час.	Толщина покрытия в мк
0,5	16
1	20
2	24
4	37
8	50

Диффузионный характер процесса сказывается на структуре покрытия, представляющего собой слой металла, в котором содержание цинка уменьшается по мере приближения к основе, а количество железа соответственно увеличивается. Только наружный слой покрытия состоит из чистого цинка.

Диффузионные цинковые покрытия отличаются равномерностью и более высокой коррозионной устойчивостью чем той же толщины гальванические или полученные горячим способом.

Высокая равномерность распределения диффузионного покрытия обеспечивает хорошую свинчиваемость резьбовых деталей. Диффузионное цинкование проволоочных пружин позволяет получить сплошное покрытие на всех витках, не прибегая к растягиванию пружин на приспособлениях.

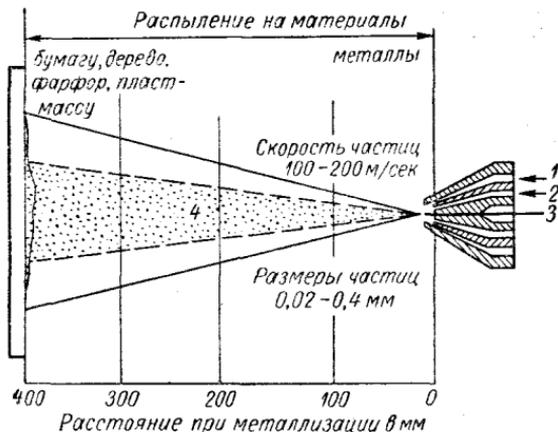
При диффузионном цинковании пружинящих деталей совершенно исключается явление водородной хрупкости. Пружинящие свойства изделий при диффузионном цинковании полностью сохраняются, так как температура отпуска легированной стали обычно лежит выше температуры цинкования.

3. Металлизация распылением

Металлизация распылением представляет собой процесс покрытия поверхности изделия (см. схему на фиг. 49) путем нанесения распыленного и расплавленного металла под действием сжатого воздуха. Основным инструментом в этом процессе является так называемый металлатор, имеющий форму пистолета. Во время работы непрерывно подаваемая металлическая проволока плавится в электрической дуге или в газовом пламени. Одновременно с этим сжатый воздух распыляет расплавленный металл, частицы которого вылетают из металлатора с большой скоростью, и, находясь в пластичном состоянии, сильно ударяются о покрываемую поверхность. При ударе частицы деформируются, в результате чего происходит их взаимное заклинивание и сцепление с поверхностью. Шероховатость подготовленной к покрытию поверхности изделия улучшает сцеп-

пление покрытия с основой. Важной особенностью процесса металлизации распылением, отрицательно сказывающейся на качестве покрытия, является сильное окисление частиц расплавленного металла при их полете.

Структура напыленных металлических покрытий отличается от прочих металлических покрытий значительной пористостью и наличием окислов в слое металла покрытия.



Фиг. 49. Схема распыления металлов:

1 — подача кислорода; 2 — подача газа; 3 — металлическая проволока; 4 — распыленный металл.

Методом распыления возможно осуществить металлизацию различных материалов: металлов, бумаги, дерева, фарфора, пластмассы. При напылении неметаллических материалов расстояние от металлизатора до поверхности увеличивается с 200 до 400 мм.

Ниже приведены случаи применения металлизации распылением:

- 1) защита от коррозии;
- 2) восстановление изношенных деталей шеек валов, вкладышей подшипников и др.;
- 3) нанесение антифрикционных сплавов;
- 4) исправление дефектов в чугунных и стальных отливках (заполнение раковин, поверхностных трещин);
- 5) покрытие деталей алюминием (алитирование) для защиты от окисления при термической обработке;
- 6) покрытие для создания экранов электропроводного слоя на диэлектрических материалах;
- 7) покрытие неметаллических материалов (дерева, кожи, пластмассы) для декоративной отделки.

Металлизация распылением деталей с целью защиты от коррозии обычно применяется для крупногабаритных стальных конструкций.

Основным оборудованием для металлизации распылением служат металлизаторы, которые могут быть электрического или газового типа.

Характеристика наиболее распространенного типа электрометаллизатора ЛК-6 приведена ниже:

Диаметр применяемой проволоки . . .	Не более 1,8 мм
Производительность при распылении стали	Не более 6 кг/час
Напряжение дуги	20—35 в
Сила тока (максимальная)	180 а
Давление воздуха (максимальное) . . .	7 атм
Расход воздуха	100—120 м ³ /час

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А. В., Горячее цинкование, ГНТИ черной и цветной металлургии, М., 1953.
2. Кречмар Э., Металлизация распылением и ее применение в народном хозяйстве, Машгиз, 1958.
3. Вайнер Я. В., Дасоян М. А., Дринберг А. Я., Тарасенко А. А., Хаин И. И., Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Под ред. проф. Федотьева, Машгиз, 1951.

ГЛАВА XIV

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ

Контроль качества гальванических покрытий осуществляется путем следующих испытаний:

- 1) осмотра внешнего вида;
- 2) определения толщины и пористости;
- 3) испытания механических свойств;
- 4) испытания коррозионной стойкости.

1. Контроль покрытий по внешнему виду

Внешний осмотр покрытий производят с целью выявления таких дефектов, как шероховатость, точечная пористость (питтинг), «подгар» покрытия, отслаивание, механические повреждения (царапины, забоины), неоднородность оттенка, непокрытые участки.

Внешним осмотром устанавливаются также дефекты, образовавшиеся при подготовке поверхности, например, перетравливание поверхности, низкое качество полировки, искажение геометрической формы деталей и т. п.

Поверхность изделий осматривается при дневном или искусственном освещении; в последнем случае освещенность должна быть не менее 300 лк. Осмотр деталей необходимо производить, используя рассеянный свет, для чего между источником света и деталями устанавливается экран из тонкой бумаги. При этих условиях отчетливо видны непокрытые участки, подтеки воды, а также так называемые проглянцовки.

Перечень допустимых и недопустимых дефектов покрытия определяется обычно техническими условиями на изделия, нормами и другими руководящими техническими материалами.

2. Определение толщины покрытия химическими методами

При контроле толщины слоя покрытия наиболее важным является определение местной ее величины, например в углублениях, где осаждение металла было затруднено. Методы химического контроля толщины покрытий основаны на растворении покрытия на выбранных участках поверхности под действием специально приготовленных растворов. Толщина покрытия рассчитывается либо по времени воздействия раствора до полного разрушения (удаления) покрытия на данном участке, либо по объему раствора, затраченному на его удаление. Для этих целей в цеховой практике применяют сравнительно простые методы контроля местной толщины покрытия — струйный или капельный. Применение струйного или капельного методов предусмотрено ГОСТ 3003—58 для определения толщины цинковых, кадмиевых, никелевых и многослойных покрытий и ГОСТ 3263—46 для оловянных покрытий.

Струйно-периодический метод. Сущность струйно-периодического метода заключается в том, что покрытие на выбранном участке растворяется под действием струи раствора, вытекающей с постоянной скоростью из калиброванной капиллярной трубки прибора. Толщина покрытия рассчитывается по продолжительности действия струи до полного растворения покрытия.

Прибор для контроля местной толщины покрытия струйно-периодическим методом (фиг. 50) состоит из грушеобразной стеклянной воронки 1 с краном 2. С помощью резиновой трубки к воронке присоединена стеклянная толстостенная калиброванная трубка 3 длиной 120 ± 5 мм и внутренним диаметром 1,5—2,0 мм. Конец трубки оттянут и отрезан таким образом, чтобы за 30 сек. из воронки выливалось 10 мл дистиллированной воды при комнатной температуре.

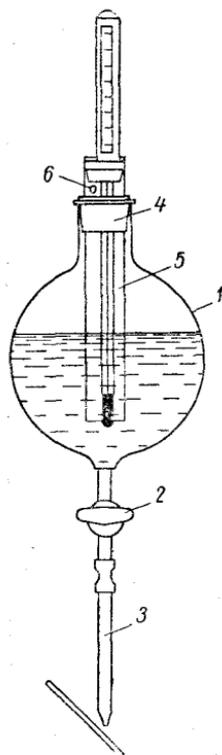
Для поддержания постоянного давления раствора, по мере его вытекания из калиброванной трубки, в верхнюю часть воронки через резиновую пробку 4 вставлена широкая стеклянная трубка 5 с отверстием 6 в ее стенке. Через трубку 5 вставлен термометр, конец которого погружается в раствор.

Перед проведением испытаний прибор заполняют раствором, горлышко воронки плотно закрывают пробкой 4, и, открывая кран 2, выпускают часть раствора до тех пор, пока не произойдет равномерное засасывание пузырьков воздуха в воронку через трубку 5. Пузырьки воздуха, попавшие в капиллярную трубку, необходимо удалить, сжимая и разжимая резиновую трубку при открытом кране 2.

Состав растворов для определения толщины металлических покрытий струйно-периодическим методом приведен в табл. 83. Для приготовления раствора отдельные компоненты его растворяют в небольшом количестве (200—250 мл) дистиллированной воды и сливают в мерную колбу емкостью 1 л. Колбу доливают дистиллированной водой до метки, раствор перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр. Растворы для испытаний следует хранить в темных бутылках.

При определении толщины покрытия испытываемую деталь, обезжиренную, промытую и высушенную, укрепляют в штативе таким образом, чтобы ее поверхность составляла с осью капилляра (вертикальной) угол около 45° и чтобы расстояние от капилляра до поверхности было 4—5 мм.

После этого открывают кран на воронке прибора и одновременно включают секундомер. Через 5—10 сек. кран закрывают, останавливают секундомер и осматривают пятно, образовавшееся в месте воздействия струи. Если покрытие не растворилось, то операцию повторяют до полного растворения покрытия, т. е. до появления характерного пятнышка (обычно



Фиг. 50. Прибор для контроля местной толщины покрытия струйно-периодическим методом.

Таблица 83

**Растворы для струйно-периодического метода испытаний
металлических покрытий**

№ раствора	Покрытие	Компоненты растворов	Концентрация	
			в г/л	в мл/л
1	Медь и никель	Железо хлорное	300	—
		Медь серноокислая	100	—
2	Медь	Железо хлорное	150	—
		Кислота соляная (уд. вес 1,19)	—	150
		Кислота уксусная ледяная	—	250
		Сурьма треххлористая	31	—
3	Цинк	Аммоний азотнокислый	70	—
		Кислота соляная (1 н. раствор)	—	70
		Медь серноокислая	7	—
4	Кадмий	Аммоний азотнокислый	17,5	—
		Кислота соляная (1 н. раствор)	—	17,5

розового цвета, вследствие контактного выделения меди) под струей раствора.

Установив таким образом время действия струи, производят повторное определение, прерывая струю лишь к концу испытания. В случае выделения шлама, препятствующего наблюдению конца растворения покрытия, шлам снимают легким протиранием фильтровальной бумагой.

При испытании многослойных покрытий отдельно фиксируют время, затраченное на растворение каждого слоя покрытия.

Расчет местной толщины покрытия h производят по формуле

$$h = h_t t \text{ мк,}$$

где h_t — толщина покрытия в мк, снимаемая за 1 сек. при данной температуре (определяется по табл. 84).

t — число секунд, затраченное на растворение покрытия.

Например, при температуре 18° С толщину никелевых покрытий рассчитывают по формуле:

$$h = 0,467t.$$

Таблица 84

Зависимость скорости растворения покрытия от температуры при струйно-периодическом методе

Температура в °С	Толщина слоя покрытия h_t , в мк, снимаемого за 1 сек.				
	никелевого	медного при использовании растворов		цинкового	кадмиевого
		№ 1	№ 2		
12	0,236	0,538	0,443	0,515	0,190
13	0,262	0,568	0,470	0,530	0,195
14	0,294	0,602	0,498	0,542	0,201
15	0,333	0,641	0,526	0,560	0,207
16	0,376	0,685	0,560	0,571	0,211
17	0,424	0,735	0,594	0,589	0,217
18	0,467	0,794	0,629	0,610	0,223
19	0,493	0,862	0,664	0,630	0,229
20	0,521	0,926	0,699	0,645	0,235
21	0,546	0,980	0,734	0,670	0,241
22	0,575	1,042	0,768	0,690	0,247
23	0,606	1,099	0,802	0,715	0,253
24	0,641	1,163	0,836	0,740	0,260
25	0,671	1,220	0,870	0,752	0,265
26	0,709	1,266	—	0,775	0,272
27	0,741	1,333	—	0,790	0,279
28	0,769	1,389	—	0,808	0,286
29	0,800	1,429	—	0,824	0,294
30	0,833	1,471	—	0,833	0,302

При определении толщины блестящих никелевых покрытий, полученных из электролитов, содержащих дисульфонафталиновую кислоту, вводят поправочный коэффициент и расчет ведут по формуле

$$h = 1,4h_t t.$$

Точность определения толщины покрытия $\pm 10\%$.

Струйно-объемный метод. При этом методе контроля расчет местной толщины покрытия производят по объему раствора, израсходованного до полного снятия покрытия в месте падения струи раствора. Прибор для контроля местной толщины покрытия по струйно-объемному методу состоит

из лабораторной бюретки емкостью 50 мл со стеклянным краном, к нижнему концу которого на резиновой трубке прикреплен калиброванный капилляр. Составы растворов и методика определения толщины покрытия аналогичны описанным выше для струйно-периодического метода контроля. Состав раствора для определения толщины слоя олова по ГОСТ 3263—46 следующий:

Медь сернокислая	30 г/л
Хлорное железо	15 »
Кислота соляная (1 н. раствор)	60 мл/л

Расчет толщины покрытия h осуществляется по формуле

$$h = h_0 V \text{ мк,}$$

где V — объем раствора, затраченный на растворение покрытия в мл;
 h_0 — толщина покрытия в мк, снимаемая 1 мл раствора, определяемая по табл. 85.

Таблица 85

Зависимость скорости растворения покрытия от температуры при струйно-объемном методе

Температура в °С	Толщина слоя покрытия в мк, снимаемая 1 мл раствора					
	никелевого	медного для растворов		цинкового	кадмиевого	оловянного
		№ 1	№ 2			
12	0,995	2,268	1,777	1,465	0,886	2,80
13	1,091	2,310	1,872	1,501	0,900	—
14	1,211	2,481	1,967	1,540	0,914	—
15	1,355	2,604	2,062	1,597	0,929	2,94
16	1,510	2,747	2,173	1,610	0,943	—
17	1,681	2,915	2,284	1,645	0,957	—
18	1,832	3,115	2,396	1,688	0,971	3,12
19	1,908	3,344	2,507	1,740	0,986	—
20	1,996	3,546	2,618	1,776	1,00	—
21	2,070	3,717	2,726	1,845	1,014	3,33
22	2,151	3,906	2,834	1,895	1,029	—
23	2,242	4,065	2,941	1,945	1,043	—
24	2,347	4,255	3,048	1,990	1,057	3,58
25	2,433	4,425	3,155	2,033	1,071	—
26	2,520	—	—	2,080	1,086	—
27	2,620	—	—	2,126	1,10	3,84

При определении толщины блестящих никелевых покрытий, полученных из электролитов, содержащих дисульфаталининовую кислоту, принимается поправочный коэффициент равный 1,4, т. е. $h = 1,4h_0V$. Точность определения толщины покрытия $\pm 15\%$.

Капельный метод. Сущность капельного метода определения местной толщины слоя покрытия состоит в том, что на участок поверхности покрытия наносят каплю раствора и выдерживают ее заданное время, по истечении которого каплю снимают фильтровальной бумагой и на это же место наносят следующую каплю, повторяя операцию до тех пор, пока на месте стертой капли не обнажится основной металл детали или контактно выделившийся металл (медь). Капельный метод удобно применять в тех случаях, когда профиль детали не позволяет использовать струйные методы, а также для мелких деталей, имеющих закругления с малыми радиусами. В последнем случае можно применять так называемый метод висячей капли, а тонкие проволоки (пружины), наоборот, допускается погружать в каплю, нанесенную на стекло. Растворы для капельного метода испытаний приведены в табл. 86.

Таблица 86

Растворы для испытания местной толщины слоя покрытия капельным методом

Покрытие	Компоненты растворов	Концентрация в г/л	Продолжи- тельность выдержки капли в сек.
Никель	Железо хлорное	300	30
	Медь сернокислая	100	
Медь	Серебро азотнокислое	44	60
Цинк	Йод кристаллический	100	60
Кадмий	Йодистый калий	200	30
Олово	Хлорное железо	75	30
	Сернокислая медь	50	
	Кислота соляная (1 н. раствор)	300 мл/л	
Серебро	Азотная кислота (уд. вес 1,43)	Разбавленная водой в отношении 1 : 1	30

Поверхность детали перед испытанием должна быть обезжирена, промыта и высушена.

Расчет местной толщины покрытия производят по формуле

$$h = (n - 0,5) h_k \text{ мк,}$$

где h — число капель раствора, которое требуется для обнажения основного металла или подслоя;

h_k — толщина покрытия в мк, снимаемая одной каплей в течение заданного времени, определяемая по данным табл. 87.

Точность определения толщины покрытия капельным методом $\pm 20\%$.

Таблица 87

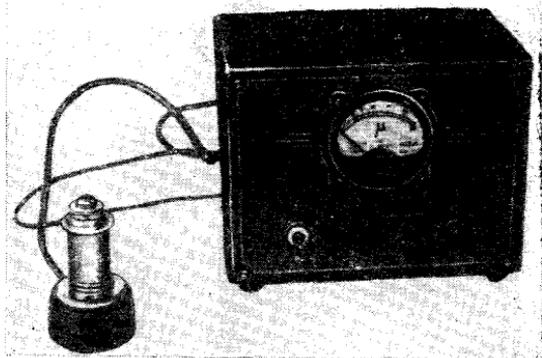
Зависимость скорости растворения покрытия от температуры при капельном методе

Температура в °С	Толщина слоя покрытия h_k в мк, снимаемая одной каплей раствора					
	никелевого (за 30 сек.)	медного (за 60 сек.)	цинково- го (за 60 сек.)	кадмиевого (за 30 сек.)	оловян- ного (за 30 сек.)	серебряного (за 30 сек.)
12		0,83	0,87		—	
13		0,85	0,91		—	
14		0,87	0,96		—	
15	В пределах температур от 12 до 30° С $h_k = 0,7$	0,89	1,01	В пределах температур от 10 до 30° С $h_k = 1,1$	0,94	В пределах температур 15—25° С $h_k = 3,0$
16		0,93	1,05		—	
17		0,97	1,09		0,98	
18		1,01	1,14		—	
19		1,05	1,18		1,02	
20		1,08	1,24		—	
21		1,11	1,27		1,06	
22		1,14	1,32		—	
23		1,16	1,36		1,10	
24		1,18	1,40		—	
25	1,20	1,45	1,14			
26	1,21	1,52	—			
27	1,23	1,59	1,18			
28	1,24	1,66	—			
29	1,25	1,79	1,22			
30	1,26	1,80	—			

3. Определение толщины покрытия физическими методами

Физические методы контроля основаны на различии в магнитных или электрических свойствах основного металла детали и покрытия. Кроме того, существуют приборы, основанные на зависимости степени

отражения β -излучения от природы и толщины покрытия. Определение местной толщины покрытия с помощью приборов занимает значительно меньше времени, чем определение химическими методами, и, что очень важно, осуществляется без разрушения покрытия.



Фиг. 51. Прибор для контроля толщины покрытия ИТП-5.

Приборы физического контроля позволяют измерять толщину таких покрытий, как хром, свинец, золото, различных сплавов и других покрытий, для которых нет надежных методов химического контроля. Наибольшее распространение получили следующие приборы: ИТП-5, ЭТУ-2 и УМТ-3.

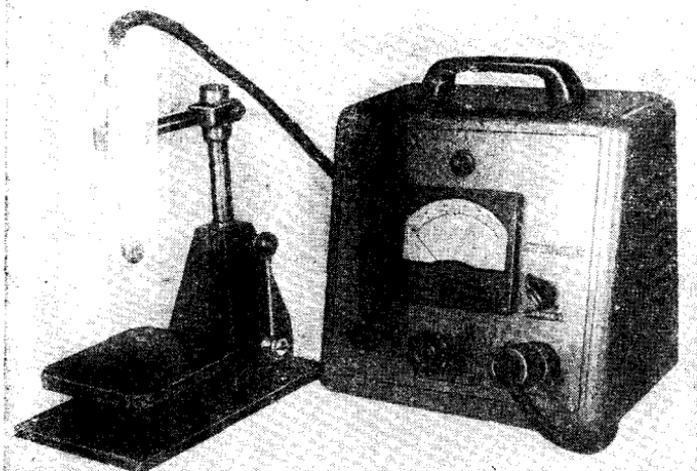
Прибор ИТП-5. Действие прибора основано на изменении силы отрыва электромагнита от поверхности стальной детали в зависимости от толщины слоя покрытия. При этом сила тока, питающего якорь электромагнита, пропорциональна толщине покрытия.

Прибор позволяет измерять толщину немагнитных покрытий в пределах от 1 до 50 $\mu\text{к}$ на магнитной основе (сталь). Такими покрытиями являются: цинк, кадмий, олово, медь, хром. Общий вид прибора показан на фиг. 51.

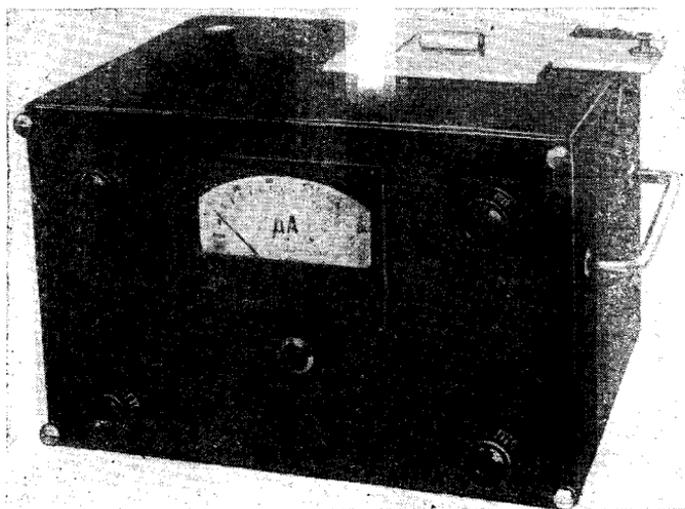
Прибор ЭТУ-2. Действие прибора основано на изменении магнитного потока в мерительном наконечнике при установке его на стальную деталь, имеющую немагнитное покрытие. Прибор ЭТУ-2 (фиг. 52) позволяет измерять толщину покрытия на площадке до 5 мм^2 . Пределы измерения от 1 до 60 $\mu\text{к}$.

Прибор УМТ-3. Принцип действия прибора основан на методе обратного рассеяния β -излучений от металлической поверхности с покрытием, при этом поток отраженного β -излучения изменяется в зависимости от толщины покрытия и от разницы между порядковыми номерами (по таблице Д. И. Менделеева) металлов основы и покрытия.

Прибор УМТ-3 (фиг. 53) состоит из следующих основных элементов: капсулы с радиоактивным изотопом таллий ^{204}Tl (Tl^{204}), приспособления для закрепления и экранирования детали и счетчика Гейгера для регистрации отраженного β -излучения. Прибор УМТ-3 дает большой эффект



Фиг. 52. Прибор для контроля толщины покрытия ЭТУ-2.



Фиг. 53. Прибор для контроля толщины покрытия УМТ-3.

при измерении толщины серебра, золота и других покрытий, осажденных на основе из медных сплавов.

4. Определение пористости покрытий

Химические методы определения пористости покрытия основаны на том, что растворы определенного состава, проникая через поры покрытия до основного металла детали, реагируют с ним и образуют ярко окрашенные продукты реакции.

Определение пористости производят наложением фильтровальной бумаги, пропитанной соответствующим раствором, на обезжиренную спиртом и высушенную поверхность детали. В местах пор на бумаге появляются окрашенные точки, количество которых подсчитывается. Пористость выражается числом пор на 1 см^2 поверхности. Количество допустимых пор регламентируется техническими условиями на изделие.

В табл. 88 приведены составы растворов, применяемые для определения пористости покрытия.

Таблица 88

Составы растворов и продолжительность испытаний при определении пористости покрытий

Покрытие	Основной металл или подслои	Компоненты растворов	Время выдержки в мин.	Окраска точек
Медь Никель Хром Свинец Олово	Сталь	Железосинеродистый калий (красная кровяная соль) 40 г/л Натрий хлористый 15 г/л	20 3—5 3—5 3—5 До 60	Синяя
Медь—никель—хром*	Сталь	Железосинеродистый калий 10 г/л Хлористый аммоний 30 г/л Хлористый натрий 60 г/л	10	Синяя
Медь—никель Никель	Сталь Латунь, медь	Железосинеродистый калий 10 г/л Хлористый калий 20 г/л	10 10	Синяя Красно-бурая

* Для определения количества пор в хромовом покрытии, нанесенном на никель, бумага после экспозиции дополнительно обрабатывается несколькими каплями раствора следующего состава: 2 г диметилглиоксима; 500 мл аммиака (25-процентного раствора). В местах пор образуются точки с розовой окраской.

5. Контроль прочности сцепления покрытий с основой

Определение прочности сцепления металлических покрытий с основой вызывает значительные затруднения в связи с отсутствием надежных методов и объективных критериев оценки качества сцепления.

Наиболее простыми методами оценки прочности сцепления покрытий являются методы царапания, перегиба и нагрева.

Метод царапания. На поверхности покрытия острым твердым инструментом наносят ряды пересекающихся между собой глубоких царапин. Место пересечения царапин тщательно осматривают через лупу с семикратным увеличением, и, если отслаивание покрытия в этих точках не обнаруживается, сцепление считается удовлетворительным.

Метод перегиба. Образцы из того же листового материала, из которого изготавливаются изделия, после покрытия подвергают многократному перегибу на угол 90 или 180° до перелома. Сцепление покрытия считается прочным, если во время перегибания образца в месте изгиба не возникает трещин, сопровождающихся отслаиванием металла покрытия. Далее, после разрушения образца, осматривая место излома при помощи лупы, устанавливают степень прилегания покрытия к основному металлу; если покрытие удерживается на протяжении не менее 95% длины излома, то покрытие считается удовлетворительным.

Метод нагрева. Легко доступным методом контроля сцепления покрытия с основой является нагрев деталей после покрытия до температуры 200—250° С. Вследствие различия коэффициентов линейного расширения покрытия и основного металла, возникают значительные напряжения, способствующие отрыву покрытия. Если покрытие после нагревания не вспучивается с образованием мелких или крупных вздутий, то прочность сцепления считается удовлетворительной. Такой метод контроля особенно эффективен при оценке прочности сцепления покрытий на алюминевых и цинковых сплавах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахвалов Г. Т., Биркган Л. Н., Лабутин В. П., Справочник гальваностега, ГНТИ черной и цветной металлургии, 1954.
2. Паллей С. С., Спиваков Я. И., Приборы и установки для контроля и стабилизации толщины гальванических покрытий, ЛДНТП, 1957.

Г Л А В А XV

ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Гальваническое производство связано с выделением вредных для человеческого организма паров, газов и пыли различных химических веществ. Кроме того, ванны для гальванических операций, промывные ванны с горячей и холодной водой создают повышенную влажность атмосферы цеха.

В табл. 89 в соответствии с ГОСТ 1324—47 указаны предельно допустимые концентрации некоторых вредных химических веществ в воздухе.

Таблица 89

**Предельно допустимые концентрации химических веществ
и ядовитых газов в производственных помещениях**

Наименование примеси	Предельно допустимая концентрация в мг/л	Наименование примеси	Предельно допустимая концентрация в мг/л
Хромовый ангидрид и другие соединения хрома	0,0001	Дихлорэтан, трихлорэтилен	0,05
Цианистый водород (синильная кислота)	0,0003	Фенол	0,005
Фосфористый водород	0,0003	Сероводород	0,01
Окись углерода	0,02	Сернистый газ	0,02
Хлористый водород (соляная кислота)	0,01	Окислы азота	0,005
Плавиковая кислота	0,001	Окись цинка	0,005
Азотная кислота	0,002	Ртуть металлическая, свинец	0,00001
Серная кислота и серный ангидрид	0,002	Бензин, керосин, уайт-спирит	0,3
Хлор	0,001	Спирт метиловый	0,05
Четыреххлористый углерод	0,05	Аммиак	0,02

Нормальные условия работы в гальваническом цехе обеспечиваются созданием достаточно мощной приточной и вытяжной вентиляции, поддержанием температуры воздуха в цехе, в зимнее время, в пределах $15-18^{\circ}\text{C}$ и хорошим освещением цеха.

1. Общие правила по охране труда и технике безопасности при работе в гальванических цехах

1. Работающие в гальванических цехах обязаны выполнять правила личной гигиены, техники безопасности, промсанитарии и противопожарной охраны. К работе в цехе допускаются лица, прошедшие соответствующий инструктаж.

2. Рабочие гальванических цехов обеспечиваются спецодеждой: резиновыми сапогами, фартуками, резиновыми перчатками и халатами, пользование которыми разрешается только в рабочее время; в обеденный перерыв и после окончания рабочего дня спецодежда хранится в отведенных для этой цели помещениях.

3. Принятие пищи и курение у рабочего места воспрещается.

4. При несчастном случае — отравлении, ожоге, ранении — работающий обязан немедленно заявить об этом мастеру или начальнику цеха и обратиться за помощью в медпункт.

5. Работа на ваннах, снабженных бортовыми вентиляционными отсеками, допускается только при включенной вентиляции.

Для приготовления электролитов и растворов для травления необходимо соблюдать все меры предосторожности:

1. Приготовление растворов для травления и электролитов необходимо производить при включенной вентиляции. Для защиты глаз от случайного попадания кислоты или других химических материалов необходимо пользоваться защитными очками.

2. При разбавлении концентрированных кислот водой нужно обязательно кислоту вливать в воду, а не наоборот. Кислоту нужно приливать осторожно, медленной струей и небольшими порциями, не допуская разбрызгивания. При смешивании азотной и серной кислоты следует серную кислоту вливать в азотную.

3. Случайно пролитую на пол или оборудование концентрированную кислоту следует немедленно смыть водопроводной водой, а затем остатки ее нейтрализовать сухой кальцинированной содой до прекращения реакции. Пролитую щелочь достаточно смыть только водой.

4. При попадании кислоты или щелочи на кожу или в глаза пораженные места нужно немедленно обмыть струей воды. Для этого хорошо пользоваться водяным душем и специальным фонтанчиком для промывки глаз. При попадании кислоты или щелочи на одежду необходимо немедленно ее снять и промыть в проточной воде.

2. Правила работы на ваннах

1. Чистку штанг и анодов следует выполнять во влажном состоянии, смачивая металлические щетки водой.

2. При работе на никелевой ванне не допускается соприкосновение не защищенных резиновыми перчатками рук с электролитом, так как никелевые растворы вызывают кожные заболевания (никелевую экзему).

3. Операцию обезжиривания венской известью следует производить только в резиновых перчатках.

4. При работе на ваннах химического оксидирования необходимо выполнять следующее:

а) перед нагреванием ванны долить ее горячей водой до установленного уровня и тщательно размешать раствор, разрушив при этом корку солей на поверхности;

б) при нагревании во избежание выбрасывания раствора из ванны периодически перемешивать его до начала кипения;

в) во время работы ванны доведение ее до уровня следует производить только горячей водой, прибавляя ее небольшими порциями по стенке ванны.

5. При работе на ваннах хромирования и электрополирования следует выполнять следующее:

а) загрузку и выгрузку деталей производить только в резиновых перчатках; при повреждении кожи на руках работать воспрещается;

б) работа на ваннах разрешается только при включенной, исправно действующей вентиляции;

в) при попадании на кожу капель хромового электролита их следует немедленно смыть струей воды;

г) для защиты слизистой оболочки носоглотки от вредного действия испарений хромовой ванны слизистую необходимо смазать чистым вазелином или смесью, состоящей из трех частей вазелина и одной части чистого ланолина;

д) при попадании хромового раствора в глаза их необходимо промыть 1-процентным раствором гипосульфита;

е) перемешивание хромовокислого электролита, засыпку хромового ангидрида и добавление серной кислоты необходимо производить в предохранительных очках.

3. Правила промсанитарии

1. Сливать в канализационную систему крепкие кислоты, концентрированные кислые растворы и горючие вещества (бензин, керосин) строго запрещается.

Отработанные кислоты и кислые растворы необходимо нейтрализовать в специальном сборнике (до нейтральной реакции) и лишь после этого оставшийся раствор может быть слит в канализационную систему. Нейтрализацию осуществляют гашеной известью, содой или едким натром. Осадки из нейтрализатора необходимо вывозить цистернами в специально отведенные места.

2. Отработанные цианистые растворы перед отправлением в канализацию подлежат, в обязательном порядке, обезвреживанию в специальных нейтрализаторах смесью растворов: 12-процентного раствора сернокислого железа (закисного) и 10-процентного раствора кальцинированной соды или 3—5-процентного раствора едкого натра.

При составлении смеси к 5 л щелочного раствора добавляется 0,8 л раствора сернокислого железа (железного купороса). Такой раствор готовят непосредственно перед обезвреживанием цианистых солей. При этом на 100 г цианистых солей требуется 20 л обезвреживающего раствора.

После отстаивания обезвреженного раствора чистый раствор сливается в канализацию, а осадок в специальной таре вывозится за пределы населенных пунктов и закапывается в землю.

Промывание воды от участка цианистых ванн по пути к нейтрализатору не должны смешиваться с водой, вытекающей из других промывных ванн.

Тара из-под цианистых солей также подлежит обезвреживанию указанным раствором.

Вытяжная вентиляционная система, обслуживающая цианистые ванны, должна быть совершенно отделена от остальной системы.

3. Помещения, в которых выполняются гидropескоструйные работы и шлифовально-полировальные операции, должны быть свободными от пыли, что достигается установкой вентиляционных отсосов у станков и аппаратов.

Инструкция по работе с цианистыми электролитами. К работе на ваннах с цианистыми растворами допускаются лица, прошедшие дополнительный специальный инструктаж по безопасным методам работы.

За 10—15 мин. до начала работы необходимо включить вентиляцию и только после этого открыть крышки на ваннах. Работа на ваннах при неисправной вентиляции не допускается. При работе на цианистых ваннах операции загрузки и разгрузки необходимо выполнять особенно аккуратно, не допуская попадания брызг раствора на пол и спецодежду. При выгрузке деталей необходимо дать раствору полностью стечь с деталей в ванну и только после этого переносить их в ванну промывки. Необходимо помнить, что цианистый раствор является сильнейшим ядом и малейшая небрежность может привести к тяжелым последствиям. По окончании работы все ванны с цианистыми растворами должны закрываться крышками и запираться на замок. В помещении, где производятся работы с цианистыми электролитами, следует ограничить доступ посторонних лиц. В изолированных помещениях, где установлены цианистые ванны, количество работающих должно быть не менее двух человек.

На участке цианистых ванн категорически воспрещается производить какие-либо работы с кислотами или хранить кислые растворы, так как при контакте этих растворов с цианидами образуется чрезвычайно ядовитое соединение — синильная кислота.

На участке цианистых ванн необходимо иметь сосуд с 5-процентным раствором сернистого железа для обезвреживания случайно пролитых на пол растворов.

Категорически запрещается принятие пищи, воды и курение на участке цианистых ванн и вообще в помещениях с цианистыми растворами.

Перед принятием пищи, курением, пользованием туалетом необходимо снять спецодежду, промыть руки раствором сернистого железа и тщательно вымыть руки теплой водой с мылом.

Спецодежда работающих с цианистыми растворами должна храниться отдельно от общей спецодежды и личной одежды.

Работа на цианистых ваннах производится в резиновых перчатках. Лица, имеющие повреждения кожных покровов на руках (царапины, порезы и т. п.) к работе не допускаются.

Оказание первой помощи. Во всех случаях получения травм, ожогов, отравлений пострадавшего необходимо немедленно направлять на медпункт для оказания медицинской помощи.

Первая помощь оказывается на месте с помощью средств цеховой аптечки, в состав которой включаются следующие материалы:

- 1) гигроскопическая вата;
- 2) бинты, марля;
- 3) спиртовой раствор йода;
- 4) аптечный вазелин;
- 5) 3-процентный раствор питьевой соды;

- 6) 1-процентный раствор уксусной кислоты;
- 7) слабый раствор марганцевокислого калия;
- 8) 1-процентный раствор гипосульфита;
- 9) растворы для обезвреживания цианистых соединений (железный купорос 5-процентный и 12-процентный);
- 10) 10-процентный раствор кальцинированной соды;
- 11) мазь против ожогов.

В случае небольших порезов, образования ссадин, царапин пораженные участки смазываются раствором йода и забинтовываются.

Если на руки или лицо (кожный покров) работающего попал щелочной раствор, то пораженное место сначала промывают водой, а затем 1-процентным раствором уксусной кислоты; при попадании кислоты — водой, а затем 3-процентным раствором питьевой соды.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Общие сведения	5
1. Понятие о коррозии и борьба с ней	—
2. Виды защитных покрытий	8
3. Основные сведения по химии	9
4. Основные сведения по гальванотехнике	16
5. Твердость гальванических осадков	18
6. Чистота поверхности	19
7. Основные сведения по математике	21
Литература	23
Глава II. Материалы, применяемые в цехах защитных покрытий	24
1. Аноды и их характеристика	—
2. Эксплуатация, очистка и степень использования анодов	27
3. Изготовление и применение анодов специального назначения	28
4. Растворители, их характеристика и назначение	29
5. Щелочи и кислоты	31
6. Соли и прочие химикаты, применяемые при покрытии металлов	34
7. Абразивные порошковые материалы	42
8. Вспомогательные материалы	43
9. Основные лакокрасочные материалы	45
10. Примеси и их влияние на качество покрытий	47
11. Хранение химикатов	48
Глава III. Оборудование и оснастка	49
1. Оборудование для подготовительных операций	—
2. Оборудование гальванического цеха	53
3. Полуавтоматы и автоматы	55
4. Подвесные приспособления	60
5. Источники постоянного тока	62
6. Установки автоматического реверсирования тока	63
Литература	—
Глава IV. Подготовка к покрытию	64
1. Значение подготовки поверхности деталей для качества покрытия	—
2. Гидропескоструйная и дробеструйная очистка	65
3. Галтовка	67
4. Шлифование, полирование, крацевание	—
5. Полирование мелких деталей	68
6. Обезжиривание растворителями	69
7. Изоляция участков, не подлежащих покрытию	70
8. Химическое обезжиривание	71
9. Электрохимическое обезжиривание	72
10. Химическое травление и декапирование	73
11. Специальные виды химической обработки деталей	76
12. Удаление окислов в расплавленных щелочах	78
13. Электролитическое травление и декапирование	79
14. Электрохимическое полирование черных и цветных металлов	80
15. Специальные виды электрохимической обработки деталей	83
Литература	86
Глава V. Примеры схем технологических процессов	87
Литература	94
Глава VI. Гальваническое осаждение защитных покрытий цинком, кадмием, оловом и свинцом	95
1. Цинкование	—
2. Цинкование в кислых электролитах	96

3. Цинкование в цианистых электролитах	101
4. Цинкование в цинкнатных электролитах	105
5. Цинкование в аммиачном электролите	107
6. Пассивирование цинковых покрытий	—
7. Кадмирование	108
8. Кадмирование в кислых электролитах	109
9. Кадмирование в цианистом электролите	110
10. Контроль цинковых и кадмиевых покрытий	114
11. Лужение	—
12. Лужение в кислых электролитах	115
13. Лужение в щелочных электролитах	117
14. Свинцевание	121
15. Электролиты для осаждения сплавов свинца с оловом (ПОС)	123
Литература	124
Глава VII. Гальваническое осаждение меди и ее сплавов	125
1. Свойства меди и применение медных покрытий	—
2. Цианистые электролиты	126
3. Нецианистые электролиты	130
4. Кислые электролиты	—
5. Специальные процессы и частные случаи меднения	133
6. Осаждение меди совместно с другими металлами	138
7. Получение цветных меднозакисных пленок	139
8. Контроль качества покрытий и исправление брака	140
Литература	141
Глава VIII. Никелирование	142
1. Свойства никеля и применение никелирования	—
2. Сернокислые электролиты	143
3. Электролиты блестящего никелирования	149
4. Прочие электролиты никелирования	—
5. Осаждение черного никеля	150
6. Частные случаи никелирования	151
7. Химическое никелирование	154
8. Контроль качества покрытий и исправление брака	158
Литература	160
Глава IX. Хромирование и железнение	161
1. Свойства хрома и применение хромовых покрытий	—
2. Подготовка деталей к хромированию	162
3. Электролиты хромирования	163
4. Условия хромирования в стандартном электролите	165
5. Особые методы хромирования	170
6. Контроль качества и удаление дефектных покрытий	171
7. Свойства железа и применение железнения	172
8. Электролиты железнения	—
9. Контроль качества и удаление дефектных покрытий	175
Литература	—
Глава X. Осаждение драгоценных и редких металлов	176
1. Серебрение	—
2. Цианистые электролиты серебрения	—
3. Нецианистые электролиты серебрения	177
4. Химическое серебрение	179
5. Пассивирование и окончательная отделка серебряных покрыв- тий	—
6. Регенерация серебра из электролитов	181
7. Золочение	—
8. Электролиты золочения	—
9. Извлечение золота из электролитов	184
10. Осаждение платины	—
11. Осаждение палладия	—
12. Осаждение родия	185
13. Осаждение индия	—
14. Осаждение прочих металлов	186
Литература	—

Глава XI. Оксидирование черных и цветных металлов	187
1. Оксидные пленки при оксидировании черных металлов	—
2. Химическое оксидирование в щелочных растворах	190
3. Оксидирование в кислых растворах	194
4. Высокотемпературное оксидирование	192
5. Частные случаи оксидирования	193
6. Оксидирование алюминия и его сплавов	194
7. Оксидирование в растворах серной кислоты и ее солей	198
8. Оксидирование в щавелевокислых и других растворах	202
9. Оксидирование в хромовокислых электролитах	—
10. Химическое оксидирование алюминия	203
11. Оксидирование магниевых сплавов	205
12. Оксидирование меди и прочих цветных металлов и сплавов	207
Литература	207
Глава XII. Фосфатирование черных и цветных металлов	208
1. Фосфатирование черных металлов	—
2. Подготовка к фосфатированию	209
3. Химическое фосфатирование без введения добавок	—
4. Фосфатирование в горячих растворах с введением добавок	211
5. Фосфатирование в растворах без подогрева	213
6. Фосфатирование с наложением электрического тока	214
7. Примеры специального фосфатирования деталей	215
8. Фосфатирование стальных цинкованных деталей	218
9. Фосфатирование алюминия, магния и их сплавов	219
Литература	220
Глава XIII. Горячие способы нанесения металлических покрытий	221
1. Горячее цинкование и лужение	—
2. Диффузионное цинкование	222
3. Металлизация распылением	223
Литература	225
Глава XIV. Контроль качества покрытий	226
1. Контроль покрытий по внешнему виду	—
2. Определение толщины покрытия химическими методами	—
3. Определение толщины покрытия физическими методами	232
4. Определение пористости покрытий	235
5. Контроль прочности сцепления покрытий с основой	236
Литература	—
Глава XV. Охрана труда и техника безопасности	237
1. Общие правила по охране труда и технике безопасности при работе в гальванических цехах	238
2. Правила работы на ваннах	—
3. Правила промсанитарии	239

Анатолий Михайлович ЯМПОЛЬСКИЙ
и Виталий Алексеевич ИЛЬИН

КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

Редактор издательства *Р. Н. Онищенко*

Обложка художника *И. П. Кремлева*

Технический редактор *Л. В. Шетинина*

Корректор *Р. М. Беликова*

Сдано в производство 28/II 1962 г.

Подписано к печати 26/V 1962 г.

М-02435. Формат бумаги 84×108/32.

Печ. листов 12,5 Уч.-изд. листов 14,8.

Тираж 45 000 экз.

Цена 67 коп.

Заказ 903.

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.