Г. Г. ПОЛЮШКЕНКО

КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

К. С. ГОНЧАРЕНКО

КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

МАШГИЗ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Киев 1955 Москва

В справочнике изложены основные данные по вопросам коррозии металлов и их защиты, некоторые сведения из электротехники и электрохимии, а также подробные данные по технологии защитно-декоративных и защитных гальванических покрытий.

Приведены способы подготовки поверхности металлов перед нанесением покрытий и отделки после покрытий, методы контроля покрытий, нормы расхода материалов и сведения по технике безопасности. Даны краткие сведения об оборудовании и аппаратуре.

Справочник рассчитан на рабочих и мастеров гальванических цехов машиностроительных, металлообрабатывающих, судостроительных и приборостроительных заводов.

Рецензент инж. *Г. С. Левитский*
Редактор инж. *П. К. Лаворко*

УКРАИНСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Зав. редакцией инж. *В. К. Сердюк*

ВВЕДЕНИЕ

Гальванотехника является одним из прикладных разделов электрохимии, составляющей часть физической химии, основоположником которой является великий русский ученый М. В. Ломоносов.

Гальванотехника делится на два основных раздела — гальванопластику и гальваностегию [1] *.

Гальванопластика или электроформование — электролитическое осаждение металлов на поверхности разных (металлических и неметаллических) предметов либо на поверхности снятых с этих предметов оттисков, изготовленных из непроводящих ток материалов с целью получения точных (прямых или обратных) металлических копий.

Гальваностегия — электролитическое осаждение на поверхности изделий прочно сцепленных с основным материалом тонких металлических защитно-декоративных или защитных антикоррозионных и износоустойчивых покрытий, толщина которых измеряется тысячными (при декоративных), сотыми (для защитных от коррозии) или десятыми долями миллиметра (при износоустойчивых покрытиях).

Гальваностегия имеет несравненно большее значение в промышленности, хотя гальванопластика была разработана раньше.

По существу условия и режим процесса электроосаждения металлов в гальваностегии и гальванопластике мало отличаются. Основное различие технологии процессов заключается в методах подготовки поверхности.

В случае применения гальваностегии поверхность предмета должна быть подготовлена таким образом, чтобы покрытие плотно держалось на нем; в случае применения гальванопластики, наоборот, — она должна легко отделяться от предмета.

Открытию гальванотехники, произведенному в 1837 г. выдающимся русским ученым академиком Б. С. Якоби (1801—1874), предшествовал ряд крупнейших открытий в русской и мировой науке в области электричества.

С этого времени широко развивается новая отрасль промышленности — осаждение металлов гальваническим путем, нашедшее самое разнообразное применение.

Искусство покрытия одних металлов другими в целях их защиты от разрушения и попытки превращения неблагородных металлов в благородные, т. е. в металлы с высокой химической устойчивостью, были известны и применялись в древнем мире и в средние века.

Наука о коррозии металла была вызвана к жизни позднее назревшими потребностями широко развивающейся промышленности [2].

Вполне понятно, что до открытия электрического тока не могло быть и речи о разработке способов гальванического осаждения металлов.

Явление электрического тока, т. е. движение электрических зарядов по проводникам при соприкосновении разнородных металлов, было

* Цифры в квадратных скобках указывают порядковый номер в списке литературы, помещенном в конце справочника.

открыто в 1791 г. итальянским профессором физики Луиджи Гальвани (1737—1798).

Это явление было названо в честь изобретателя — гальваническим током. Отсюда и произошли названия: гальванотехника, гальваностегия, гальванопластика, гальванические покрытия и т. д.

Начинания Л. Гальвани продолжили одновременно и независимо друг от друга известный русский ученый академик Василий Владимирович Петров (1761—1834) и известный итальянский профессор физики Александр Вольта (1745—1827) [4].

В. Петров, опередив иностранных ученых на 10 лет, первый построил в 1802 г. мощную для того времени гальваническую батарею, которая состояла из 4200 пар медных и цинковых кружков и дала возможность открыть электрическую дугу.

Кроме того, В. Петров в течение 40 лет производил изыскания в области электролиза и провел важные исследования по электролитическому разложению воды и других жидкостей (1801). Он же впервые получил ряд металлов при электролизе их окислов—свинец, олово, ртуть и др.

А. Вольта, заинтересовавшись и продолжив опыты Л. Гальвани в области электричества, в 1792—94 гг. пришел к убеждению, что наблюдаемые Гальвани электрические явления связаны с наличием электрической цепи из двух разнородных металлов и жидкости [4].

А. Вольта в 1800 г. изобрел так называемый вольтов столб — источник длительного постоянного электрического тока.

Гальваническая батарея, электрическая дуга Петрова и вольтов столб А. Вольта дали возможность проводить широкое экспериментирование с сильным электрическим током и опровергли мнение реакционных ученых того времени о происхождении «животного электричества».

Именем Вольта названы открытая им единица электродвижущей силы — *вольт* и прибор, показывающий электрическое напряжение (разность потенциалов),—*вольтметр*.

Проводя дальнейшие изыскания и опыты с электричеством, известный английский ученый-физик Михаил Фарадей (1791—1867) изучил явления электролиза с количественной стороны и установил поныне действующие законы электролиза (приведены ниже).

Открытия Л. Гальвани, В. Петрова, А. Вольта, М. Фарадея в области электричества и изобретение Б. Якоби гальванопластики— гальваностегии вызвали широкое развитие электроосаждения металлов в технике.

В дореволюционной России, в связи со слабым развитием промышленности, потребность в применении защитных и декоративных покрытий была весьма ограничена и гальванотехника не получила должного развития, несмотря на то, что к этому периоду относится деятельность выдающихся русских гальванотехников: А. П. Сапожникова, П. И. Евреинова, А. Ф. Грекова, А. Н. Ковако и др., а также П. Ф. Симоненко, который в 1876 г. впервые применил электролитический способ никелирования.

Широкое распространение получило применение защитно-декоративных и износоустойчивых покрытий после Великой Октябрьской социалистической революции.

Особенно заметный рост сети гальванических цехов, производство соответствующего оборудования и потребных химических и других материалов начался вместе с индустриализацией нашей страны.

В настоящее время на всех машиностроительных и металлообрабатывающих заводах Советского Союза, за редким исключением, имеются

хорошо оснащенные гальванические цехи, применяющие советскую передовую технологию.

Гальванические цехи крупнейших советских автомобильных заводов, построенные по последнему слову техники, по своей мощности, механизации и общему оснащению являются крупнейшими в мире и самыми крупными в Европе.

Социалистическая система хозяйства СССР обеспечивает правильную организацию гальванической промышленности.

В СССР вопросы усовершенствования гальванотехники широко изучаются в научно-исследовательских учреждениях, лабораториях передовых заводов и учебных заведений и публикуются на страницах журналов; кроме того, выпускается большое количество книг по вопросам гальванотехники и борьбы с коррозией.

Существует ряд институтов, подготовляющих специалистов инженеров по защитным покрытиям металлов и борьбе с коррозией. Широко известны труды советских ученых и гальваностегов: Г. В. Акимова, Н. А. Изгарышева, П. П. Федотьева, В. И. Лайнера, Н. Т. Кудрявцева и многих других, внесших свой вклад в дело развития отечественной гальванотехники.

Глава первая

СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1

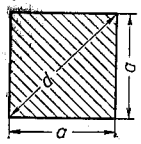
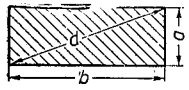
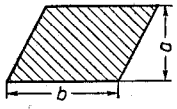
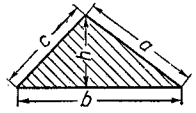
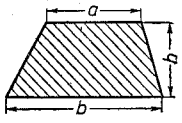
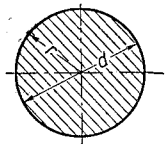
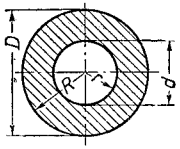
Наименование измерений	Наименование единиц измерений	Отношение к основной единице	Обозначение
Единицы длины	Метр (основная единица)	1	*м*
	Дециметр	0,1	*дм*
	Сантиметр	0,01	*см*
	Миллиметр	0,001	*мм*
	Микрон	0,000001	*мк*
	Ангстрем	10^{-10}	Å
Единицы площади	Квадратный метр (основная единица)	1	$м^2$
	» дециметр	0,01	$дм^2$
	» сантиметр	0,0001	$см^2$
	» миллиметр	0,000001	$мм^2$
Единицы объема	Кубический метр (основная единица)	1	$м^3$
	» дециметр	0,001	$дм^3$
	» сантиметр	0,000001	$см^3$
	» миллиметр	0,000000001	$мм^3$
Единицы емкости	Гектолитр	100	*гл*
	Декалитр	10	*дкл*
	Литр (основная единица)	1	*л*
	Миллилитр	0,001	*мл*
Единицы массы (веса)	Тонна	1000	*т*
	Центнер	100	*ц*
	Килограмм (основная единица)	1	*кг*
	Грамм	0,001	*г*
	Миллиграмм	0,000001	*мг*

Таблица 2

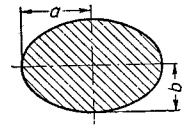
Вычисление площадей и поверхностей

Площади

Обозначения: F — площадь; P — полупериметр; R — радиус описанного круга; r — радиус вписанного круга

Квадрат		$F=a^2=\frac{1}{2}d^2$
Прямоугольник		$F=ab$
Параллелограмм		$F=ab$
Треугольник		$F=\frac{bh}{2}$; $P=\frac{1}{2}(a+b+c)$
Трапеция		$F=\frac{a+b}{2}h$
Круг		$F=\pi r^2=\frac{\pi d^2}{4}$
Кольцо		$F=\pi(R^2-r^2)=\frac{1}{4}\pi(D^2-d^2)$

Продолжение табл. 2

Эллипс		$F=\pi ab$

Поверхности

Обозначения: S — поверхность; M — боковая поверхность; R — радиус описанного круга; r — радиус вписанного круга

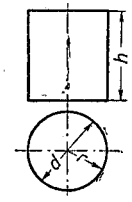
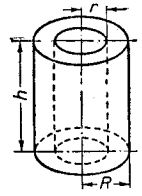
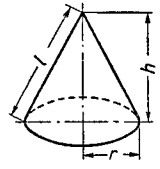
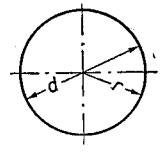
Цилиндр		$M=2\pi rh=\pi dh$
Цилиндр полый (труба)		$M=$ внутренняя поверхность + внешняя поверхность $=2\pi h(R+r)$
Конус		$M=\pi rl$
Шар		$S=4\pi r^2=\pi d^2$

Таблица 3

Средний вес 1 $м^2$ листового металла в *кг*

Толщина в *мм*	Ковкое железо	Литое железо	Литая сталь	Медь	Латунь	Цинк	Свинец	Алюминий
0,5	3,89	3,62	3,93	4,45	4,27	3,45	5,7	1,33
1	7,78	7,25	7,87	8,90	8,55	6,90	11,4	2,66
2	15,56	14,50	15,74	17,80	17,10	13,80	22,8	5,32
3	23,34	21,75	23,61	26,70	25,65	20,70	34,2	7,98
4	31,12	20,00	31,48	35,60	34,20	27,60	45,6	10,64
5	38,90	36,25	39,35	44,50	42,75	34,50	57,0	13,30
6	46,68	43,50	47,22	53,40	51,30	41,40	68,4	15,96
7	54,46	50,75	55,09	62,30	59,85	48,30	79,8	18,62
8	62,24	58,00	62,96	71,20	68,40	55,20	91,2	21,28
9	70,02	65,25	70,83	80,10	76,95	62,10	102,6	23,94
10	77,80	72,50	78,70	89,00	85,50	69,00	114,0	26,60
11	85,58	79,75	86,57	97,90	94,05	75,90	125,4	29,26
12	93,36	87,00	94,44	106,80	102,60	82,80	136,8	31,92
13	101,14	94,25	102,31	115,70	111,15	89,70	148,2	34,58
14	108,92	101,50	110,18	124,60	119,70	96,60	159,6	37,24
15	116,70	108,75	118,05	133,50	128,25	103,50	171,0	39,90
16	124,48	116,00	125,92	142,40	136,80	110,40	182,4	42,56
17	132,26	123,25	133,79	151,30	145,35	117,39	193,8	45,22
18	140,04	130,50	141,66	160,20	153,90	124,20	205,2	47,88
19	147,82	137,75	149,53	169,10	162,45	131,10	216,6	50,54
20	155,60	145,00	157,40	178,00	171,00	138,00	228,0	53,20

Растворы и их концентрация. Растворы разделяются на насыщенные и ненасыщенные. Насыщенным называется такой раствор, в котором данное вещество не может больше растворяться при данной температуре, так как количество растворенного вещества в одном кубическом сантиметре раствора строго определенное. С повышением температуры растворимость обычно повышается.

Количество растворенного вещества, заключающегося в определенном количестве воды или раствора, называется концентрацией или крепостью его.

В практике гальванотехники чаще всего применяется концентрация, выраженная в граммах на литр раствора. Например, если концентрация сернокислого цинка составляет 250 *г/л*, то это значит, что в одном литре содержится 250 *г* растворенной цинковой соли. Содержание вещества в растворе выражается также в процентном отношении, которое указывает, сколько граммов растворенного вещества содержится в 100 *г* раствора.

Например, если растворено 20 *г* сернокислой меди в 100 *г* раствора, то концентрация будет составлять 20%.

Удельный вес. Одинаковые по объему твердые тела и жидкости имеют различный вес.

Число, показывающее, во сколько раз какое-нибудь тело определенного объема при данной температуре весит больше или меньше воды такого же объема, называется удельным весом. Для удобства вычислений принимают вес воды за единицу. Один кубический сантиметр воды при температуре 4°С весит один грамм.

Для растворов (электролитов) удельный вес не является постоянной величиной: чем больше концентрация раствора, тем больше его удельный вес. Каждой концентрации раствора при постоянной температуре соответствует свой удельный вес.

Для определения удельного веса жидкостей пользуются ареометром, который погружается тем глубже, чем меньше удельный вес жидкости. Ареометр имеет шкалу с делениями, показывающими удельные веса жидкостей.

В гальванотехнике чаще всего пользуются растворами (электролитами), удельный вес которых почти во всех случаях дает представление о концентрации раствора, т. е. о количестве растворенного вещества в единице объема.

Процессы гальванических покрытий протекают при определенной концентрации растворов (электролитов). В процессе работы концентрация растворов беспрерывно, в большей или меньшей степени, изменяется в ту или иную сторону от установленной нормы, что вредно сказывается на качестве покрытий.

Контроль концентрации растворов по удельному весу и при помощи химических анализов дает возможность своевременно направлять (корректировать) растворы.

Кроме того, знание удельного веса металлов, применяющихся для покрытия, дает возможность вычислять толщину покрытия, получающуюся при данных условиях в единицу времени.

Таблица 4

Удельный вес важнейших металлов, применяемых в гальванотехнике

Наименование металла	Удельный вес	Наименование металла	Удельный вес
Магний	1,75	Никель	8,8
Алюминий	2,70	Кобальт	8,8
Хром	7,10	Медь	8,95
Цинк	7,14	Серебро	10,5
Олово	7,28	Свинец	11,34
Марганец	7,4	Ртуть	13,6
Железо	7,8	Золото	19,30
Кадмий	8,6	Платина	21,4

Таблица 5

Плотность (удельный вес) твердых тел

Наименование вещества	Плотность в г/см³	Наименование вещества	Плотность в г/см³
Алебастр	2,3—2,8	Лед	0,88—0,92
Алюминий	2,70	Линолеум	1,15—1,70
» литой	2,56	Медь прокат	8,93—8,95
Асбест	2,5—2,8	» литье	8,6—8,9
Асбестовый картон	1,2	Мел	1,8—2,6
Асбовинил	1,5—1,6	Наждак	4,0
Бетон	1,8—2,45	Нафталин	1,15
Бронза	7,4—7,8	Оргстекло (плексиглас)	1,16—1,20
Бронза алюминиевая	7,7	Песок сухой	1,20—1,65
Бронза фосфористая	8,8	Поваренная соль	2,15—2,17
Винипласт	1,38	Пробка	0,24
Воск	0,95—0,98	Резина	1,0—2,0
Гетинакс	1,3—1,4	Сера	1,96—2,07
Гипс сухой	0,97	Снег	0,125
Глина сухая	1,52	Стекло	2,4—2,7
Гравий	1,8	Текстолит	1,3—1,4
Графит	1,9—2,3	Фаолит	1,4—1,6
Диабаз	2,9—3,0	Фарфор	2,4—2,5
Железо прокат	7,6—7,8	Хром литой	6,9
Каолин	2,2	Целлулоид	1,4
Каучук сырой	0,92—0,96	Цемент	1,25—2,3
Кирпич	1,4—1,6	Шамотный кирпич	1,85—2,2
Латунь прокат	8,52—8,62	Эбонит	1,8
» литье	8,4—8,7	Эмаль кислотоупорная	2,0—2,5

Таблица 6

Плотность (удельный вес) жидкостей

Наименование	Температура в °С	Плотность в г/см³
Ацетилен четыреххлористый	20	1,60
Ацетон	20	0,79
Бензин	15	0,68—0,74
Бензол	20	0,88
Глицерин	15	1,26
Карболовая кислота черная	15	0,96
Керосин	15	0,820
Ксилол	15	0,85
Мазут	15	0,89—0,92
Масло льняное вареное	15	0,97
Нефть	15	0,76—0,95
Ртуть	0	13,596
Сероуглерод	15	1,272
Скипидар	15	1,15
Смола каменноугольная	15	0,794
Спирт этиловый	15	0,79
» метиловый	—	0,80
Углерод четыреххлористый	20	1,63
Уксусная кислота	20	1,049
Эфир этиловый	12,5	0,723

Таблица 7

Соотношение между градусами Боме и удельным весом (для жидкостей тяжелее воды) при 15°С

Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес	Градусы Боме	Удельный вес
1	1,007	18	1,142	35	1,320	52	1,563
2	1,014	19	1,152	36	1,332	53	1,580
3	1,022	20	1,162	37	1,345	54	1,597
4	1,029	21	1,171	38	1,357	55	1,615
5	1,037	22	1,180	39	1,370	56	1,635
6	1,045	23	1,190	40	1,383	57	1,652
7	1,052	24	1,200	41	1,397	58	1,671
8	1,060	25	1,210	42	1,410	59	1,691
9	1,067	26	1,220	43	1,424	60	1,710
10	1,075	27	1,231	44	1,438	61	1,732
11	1,083	28	1,241	45	1,453	62	1,753
12	1,091	29	1,252	46	1,468	63	1,777
13	1,100	30	1,263	47	1,483	64	1,795
14	1,108	31	1,274	48	1,498	65	1,820
15	1,116	32	1,285	49	1,515	66	1,842
16	1,125	33	1,297	50	1,530	67	1,865
17	1,134	34	1,308	51	1,546	—	—

Таблица 8

Удельный вес растворов серной кислоты H_2SO_4 при 15°С

Удельный вес	Градусы Боме	Содержание H_2SO_4 в *г*		Удельный вес	Градусы Боме	Содержание H_2SO_4 в *г*	
		в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора			в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора
1,000	0	0,09	0,1	1,410	42,0	51,15	72,1
1,010	1,4	1,57	1,6	1,430	43,4	53,11	75,9
1,020	2,7	3,03	3,1	1,450	44,8	55,03	79,8
1,030	4,1	4,49	4,6	1,470	46,1	56,90	83,7
1,040	5,4	5,96	6,2	1,490	47,4	58,74	87,6
1,050	6,7	7,37	7,7	1,510	48,7	60,65	91,6
1,060	8,0	8,77	9,3	1,520	49,4	61,59	93,6
1,070	9,4	10,19	10,9	1,540	50,6	63,44	97,7
1,080	10,6	11,60	12,5	1,550	51,2	64,26	99,6
1,090	11,9	12,99	14,2	1,570	52,4	66,09	103,8
1,100	13,0	14,35	15,8	1,590	53,6	67,83	107,8
1,120	15,4	17,01	19,1	1,600	54,1	68,70	109,9
1,140	17,7	19,61	22,3	1,620	55,2	70,42	114,1
1,150	18,8	20,91	23,9	1,640	56,3	72,12	118,2
1,170	20,9	23,47	27,5	1,650	56,9	72,96	120,4
1,190	23,0	26,04	31,0	1,670	57,9	74,66	124,6
1,200	24,0	27,32	32,8	1,690	58,9	76,38	128,9
1,220	26,0	29,84	36,4	1,700	59,5	77,17	131,2
1,240	27,9	32,28	40,0	1,720	60,4	78,92	135,7
1,260	29,7	34,57	43,5	1,740	61,4	80,68	140,4
1,280	31,5	36,87	47,2	1,750	61,8	81,56	142,7
1,290	32,4	38,30	49,0	1,760	62,3	82,44	145,1
1,300	33,3	39,19	51,0	1,780	63,2	84,50	150,4
1,320	35,0	41,50	54,8	1,800	64,2	86,92	156,4
1,340	36,6	43,74	58,6	1,820	65,0	90,05	163,9
1,360	38,2	45,88	62,4	1,826	65,3	91,25	166,6
1,380	39,8	48,00	66,2	1,835	65,7	93,58	171,7
1,400	41,2	50,11	70,2	1,849	—	99,12	182,3

Таблица 9

Разбавление серной кислоты H_2SO_4 (уд. вес 1,84) водой при 15—20°С для получения кислоты другой концентрации

Для получения кислоты удельного веса *d* надо *m* объемов смешать с 100 объемами воды

Объем	Удельный вес	Объем	Удельный вес	Объем	Удельный вес	Объем	Удельный вес
1	1,009	85	1,357	250	1,630	430	1,743
2	1,015	90	1,372	260	1,640	440	1,746
5	1,035	95	1,386	270	1,648	450	1,750
10	1,060	100	1,398	280	1,654	460	1,754
15	1,090	110	1,420	290	1,667	470	1,757
20	1,113	120	1,438	300	1,678	480	1,760
25	1,140	130	1,456	310	1,689	490	1,763
30	1,165	140	1,473	320	1,700	500	1,766
35	1,187	150	1,490	330	1,705	510	1,768
40	1,210	160	1,510	340	1,710	520	1,770
45	1,229	170	1,530	350	1,714	530	1,772
50	1,248	180	1,543	360	1,719	540	1,774
55	1,265	190	1,556	370	1,723	550	1,776
60	1,280	200	1,568	380	1,727	560	1,777
65	1,297	210	1,580	390	1,730	570	1,778
70	1,312	220	1,593	400	1,733	580	1,779
75	1,326	230	1,606	410	1,737	590	1,780
80	1,340	240	1,620	420	1,740	600	1,782

Таблица 10

Удельный вес растворов азотной кислоты HNO_3 при 15°С

Удельный вес	Градусы Боме	Содержание HNO_3 в *г*		Удельный вес	Градусы Боме	Содержание HNO_3 в *г*	
		в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора			в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора
1,000	0	0,10	0,1	1,240	27,9	38,29	47,5
1,010	1,4	1,90	1,9	1,250	28,8	39,82	49,8
1,020	2,7	3,70	3,8	1,270	30,6	42,87	54,4
1,030	4,1	5,50	5,7	1,290	32,4	45,95	59,3
1,040	5,4	7,26	7,5	1,300	33,3	47,49	61,7
1,050	6,7	8,99	9,4	1,320	35,0	50,71	66,9
1,060	8,0	10,68	11,3	1,330	35,8	52,37	69,7
1,070	9,4	12,33	13,2	1,350	37,4	55,79	75,3

Продолжение табл. 10

Удельный вес	Градусы Боме	Содержание HNO_3 в *г*		Удельный вес	Градусы Боме	Содержание HNO_3 в *г*	
		в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора			в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора
1,080	10,6	13,95	15,1	1,360	38,2	57,57	78,3
1,090	11,9	15,33	16,9	1,380	39,8	61,27	84,6
1,100	13,0	17,11	18,8	1,390	40,5	63,23	87,9
1,110	14,2	18,67	20,7	1,410	42,0	67,50	95,2
1,120	15,4	20,23	22,7	1,420	42,7	69,80	99,1
1,130	16,5	21,77	24,6	1,440	44,1	74,68	107,5
1,150	18,8	24,84	28,6	1,460	45,4	79,98	116,8
1,160	19,8	26,36	30,6	1,470	46,1	82,90	121,9
1,180	22,0	29,38	34,7	1,490	47,4	89,60	133,5
1,200	24,0	32,36	38,8	1,500	48,1	94,09	141,1
1,220	26,0	35,28	43,0	1,510	48,7	98,10	148,1

Таблица 11

Удельный вес растворов соляной кислоты HCl при 15°C

Удельный вес	Градусы Боме	Содержание HCl в *г*		Удельный вес	Градусы Боме	Содержание HCl в *г*	
		в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора			в 100 *г* раствора	в 100 *мл* раствора
1,000	0,0	0,16	0,16	1,80	10,6	16,5	17,4
1,010	1,4	2,14	2,2	1,100	13,0	20,01	22,0
1,015	2,1	3,12	3,2	1,120	15,4	23,82	26,7
1,020	2,7	4,13	4,2	1,140	17,7	27,66	31,5
1,025	3,4	5,15	5,3	1,150	18,8	29,57	34,0
1,030	4,1	6,15	6,3	1,160	19,8	31,52	36,6
1,040	5,4	8,16	8,5	1,180	22,0	35,39	41,8
1,050	6,7	10,7	10,7	1,200	24,0	39,11	46,9
1,060	8,0	12,19	12,90	—	—	—	—

Таблица 12

Удельный вес растворов фосфорной кислоты H_3PO_4 при 20°C

Удельный вес	Содержание H_3PO_4 в *г*		Удельный вес	Содержание H_3PO_4 в *г*		Удельный вес	Содержание H_3PO_4 в *г*	
	в 100 *г* раствора	в 1 *л* раствора		в 100 *г* раствора	в 1 *л* раствора		в 100 *г* раствора	в 1 *л* раствора
1,004	1	10,04	1,216	35	425,6	1,526	70	1068
1,025	5	51,37	1,254	40	501,6	1,579	75	1184
1,053	10	106,3	1,293	45	581,9	1,633	80	1306
1,082	15	162,4	1,335	50	667,5	1,689	85	1436
1,113	20	229,9	1,379	55	758,5	1,746	90	1571
1,146	25	286,6	1,426	60	855,6	1,870	100	1870
1,180	30	354,2	1,475	65	958,8	—	—	—

Таблица 13

Удельный вес растворов едкого кали KOH и едкого натра NaOH при 15°C

Концентрация в %	Удельный вес		Концентрация в %	Удельный вес		Концентрация в %	Удельный вес	
	KOH	NaOH		KOH	NaOH		KOH	NaOH
1	1,008	1,011	18	1,169	1,200	35	1,344	1,383
2	1,017	1,022	19	1,179	1,211	36	1,355	1,394
3	1,027	1,033	20	1,188	1,222	37	1,366	1,404
4	1,036	1,044	21	1,198	1,233	38	1,377	1,414
5	1,045	1,055	22	1,208	1,244	39	1,388	1,424
6	1,054	1,067	23	1,218	1,255	40	1,399	1,434
7	1,064	1,078	24	1,228	1,256	41	1,410	1,444
8	1,073	1,089	25	1,239	1,277	42	1,421	1,453
9	1,082	1,100	26	1,249	1,288	43	1,433	1,463
10	1,092	1,111	27	1,259	1,299	44	1,444	1,473
11	1,101	1,122	28	1,270	1,310	45	1,456	1,482
12	1,111	1,133	29	1,280	1,320	46	1,467	1,492
13	1,120	1,144	30	1,290	1,331	47	1,479	1,501
14	1,130	1,155	31	1,301	1,342	48	1,491	1,511
15	1,140	1,166	32	1,312	1,352	49	1,502	1,520
16	1,149	1,178	33	1,322	1,363	50	1,514	1,530
17	1,159	1,189	34	1,333	1,373	—	—	—

Таблица 14

Удельный вес водных растворов аммиака NH_4OH при 15°С

Удельный вес	Содержание в 100 г раствора	Содержание в 100 мл раствора	Удельный вес	Содержание в 100 г раствора	Содержание в 100 мл раствора	Удельный вес	Содержание в 100 г раствора	Содержание в 100 мл раствора
1,00	0,00	0,0	0,960	9,61	9,51	0,920	21,75	20,0
0,996	0,91	0,91	0,956	11,03	10,54	0,916	23,03	21,1
0,992	1,84	1,82	0,952	12,17	11,6	0,912	24,83	22,2
0,990	2,31	2,29	0,950	12,74	12,1	0,910	24,99	22,74
0,986	3,30	3,25	0,946	13,88	13,13	0,906	26,31	23,83
0,882	4,30	4,22	0,942	15,04	14,17	0,902	27,65	24,94
0,980	4,80	4,70	0,940	15,63	14,7	0,900	28,33	25,5
0,976	5,80	5,66	0,936	16,82	15,74	0,896	29,69	26,6
0,972	6,80	6,61	0,932	18,03	16,81	0,892	31,05	27,7
0,970	7,31	7,09	0,930	18,64	17,34	0,890	31,75	28,26
0,966	8,33	8,05	0,926	19,87	18,42	0,886	33,25	29,46
0,962	9,35	8,99	0,922	21,12	19,47	0,882	34,95	30,83

Таблица 15

Удельный вес водных растворов хлористого натрия NaCl

Содержание NaCl в %	Удельный вес при 10°С	Удельный вес при 20°С	Содержание NaCl в %	Удельный вес при 10°С	Удельный вес при 20°С	Содержание NaCl в %	Удельный вес при 10°С	Удельный вес при 20°С
1	1,00707	1,00534	10	1,07419	1,07068	20	1,15254	1,14779
2	1,01442	1,01246	12	1,08946	1,08566	22	1,16891	1,16995
4	1,02920	1,02680	14	1,10491	1,10085	24	1,8557	1,18040
6	1,04408	1,04127	16	1,12056	1,11621	26	1,20254	1,19717
8	1,05907	1,05589	18	1,13643	1,13190	—	—	—

Таблица 16

Удельный вес растворов углекислого натрия Na_2CO_3 (безводного) при 20°С

Удельный вес	Na_2CO_3 в %	Na_2CO_3 в г/л	Удельный вес	Na_2CO_3 в %	Na_2CO_3 в г/л
1,008	1	10,09	1,081	8	86,53
1,019	2	20,38	1,095	9	98,41
1,031	3	30,98	1,102	10	110,3
1,039	4	41,59	1,116	11	122,6
1,052	5	52,11	1,124	12	134,9
1,060	6	63,64	1,138	13	147,7
1,073	7	75,08	1,146	14	160,5

Таблица 17

Удельный вес растворов углекислого натрия $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ при 20°С

Удельный вес	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в %	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в г/л	Удельный вес	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в %	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ в г/л
1,008	2,7	27,23	1,081	21,6	233,6
1,019	5,4	55,02	1,103	27,0	297,7
1,040	10,8	112,3	1,124	32,4	364,3
1,060	16,2	171,8	1,146	37,8	433,3

Таблица 18

Удельный вес раствора сернокислого цинка $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ при 20°С

Удельный вес	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ в %	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ в г/л	Удельный вес	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ в %	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ в г/л
1,019	2	20,38	1,019	3,562	36,30
1,040	4	41,61	1,040	7,125	74,12
1,062	6	63,72	1,062	10,69	113,5
1,084	8	86,74	1,084	14,25	154,5
1,107	10	110,7	1,107	17,81	197,2
1,131	12	135,7	1,131	21,37	241,7
1,155	14	161,7	1,155	24,94	288,1
1,180	16	188,9	1,180	28,50	336,5

Таблица 19

Удельный вес раствора сернокислой меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ при 20°С

Удельный вес	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$		$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	
	в %	в г/л	в %	в г/л
1,009	1	10,09	1,564	15,78
1,019	2	20,38	3,129	31,88
1,040	4	41,60	6,257	65,07
1,062	6	63,72	9,386	99,68
1,084	8	86,72	12,51	135,7
1,107	10	110,7	15,64	173,2
1,131	12	135,7	18,77	212,3
1,154	14	161,6	21,90	252,7
1,180	16	188,8	25,03	295,3
1,206	18	217,1	28,16	339,6

Таблица 20

Удельный вес раствора сернокислого никеля $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ при 18°С

Удельный вес	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$		Удельный вес	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	
	в %	в г/л		в %	в г/л
1,009	1	10,09	1,09	10	110,9
1,020	2	20,40	1,133	12	136,0
1,042	4	41,68	1,158	14	162,1
1,063	6	63,78	1,183	16	189,3
1,085	8	86,8	1,209	18	217,6

Таблица 21

Водный раствор спирта

Абсолютного спирта в 100 см³ раствора (в см³)	Плотность раствора $C_2H_5OH \cdot H_2O$ по отношению к воде при 15°С	Этилового спирта в % (по весу)	Абсолютного спирта в 100 см³ раствора (в см³)	Плотность раствора $C_2H_5OH \cdot H_2O$ по отношению к воде при 15°С	Этилового спирта в % (по весу)
1	0,9984	0,80	45	0,9436	37,97
2	0,9969	1,64	50	0,9344	42,69
3	0,9955	2,44	55	0,9242	47,44
4	0,9941	3,24	60	0,9135	52,34
5	0,9928	4,04	65	0,9022	57,39
10	0,9865	8,15	70	0,8903	62,62
15	0,9810	12,26	75	0,8776	68,04
20	0,9759	16,44	80	0,8642	73,69
25	0,9708	20,45	85	0,8498	79,59
30	0,9656	24,89	90	0,8342	85,82
35	0,9592	29,20	95	0,8164	92,54
40	0,9520	33,59	100	0,7943	100,00

Таблица 22

Удельный вес растворов хромового ангидрида при 15°С

Удельный вес	Хромовый ангидрид		Удельный вес	Хромовый ангидрид	
	Содержание в %	Содержание в граммах на 1 литр раствора		Содержание в %	Содержание в граммах на 1 литр раствора
1,006	1	10,06	1,181	22	259,8
1,014	2	20,28	1,200	24	288,0
1,030	4	41,20	1,220	26	317,4
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	459,0
1,093	12	131,2	1,371	40	548,0
1,110	14	155,4	1,435	45	645,0
1,127	16	180,8	1,505	50	752,5
1,145	18	206,1	1,581	55	369,6
1,163	20	232,6	1,663	60	997,8

Таблица 23

Расчет необходимого количества растворителя при изготовлении растворов требуемой концентрации в % (по весу)

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					В					
0	0,00	1,01	2,04	3,09	4,17	5,26	6,43	7,53	8,70	9,89
10	11,11	12,36	13,63	14,94	16,28	17,65	19,05	20,48	21,95	23,46
20	25,00	25,58	28,21	29,87	31,58	33,33	35,14	36,99	38,89	40,84
30	42,85	44,94	47,05	49,25	51,52	53,85	56,25	58,74	61,29	63,94
40	66,67	69,49	72,41	75,44	78,57	81,81	85,19	88,67	92,30	96,07
50	100,00	104,08	108,33	112,77	117,39	122,22	127,27	132,56	138,10	143,90
60	150,00	156,41	163,16	170,27	177,78	185,71	194,12	203,03	212,5	222,58
70	233,33	244,83	257,14	270,37	284,62	300,00	316,67	334,78	354,55	376,19
80	400,00	426,32	455,56	488,24	525,00	566,67	614,29	669,23	733,33	809,09
90	900	1011	1150	1329	1566	1900	2400	3234	4900	9900

Пример. Для того чтобы приготовить 25-процентный раствор хлористого натрия, следует взять 33,33 весовых частей хлористого натрия на 100 весовых частей воды.

A	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
					В					
0	0,000	0,1001	0,2004	0,3009	0,4016	0,5026	0,604	0,705	0,8065	0,908
1	1,010	1,112	1,215	1,317	1,420	1,523	1,626	1,730	1,833	1,937
2	2,041	2,145	2,250	2,354	2,459	2,564	2,669	2,775	2,881	2,987
3	3,097	3,200	3,305	3,413	3,520	3,712	3,735	3,842	3,950	4,059
4	4,167	4,276	4,384	4,494	4,603	4,712	4,823	4,932	5,042	5,156
5	5,264	5,374	5,485	5,598	5,709	5,821	5,932	6,046	6,156	6,270
6	6,428	6,495	6,610	6,724	6,838	6,952	7,071	7,181	7,296	7,411
7	7,527	7,644	7,759	7,882	7,991	8,110	8,221	8,343	8,461	8,576
8	8,696	8,815	8,939	9,051	9,171	9,290	9,410	9,528	9,549	9,770
9	9,890	10,01	10,13	10,25	10,38	10,50	10,62	10,74	10,88	10,98

Пример. Для того чтобы приготовить 7,5-процентный раствор иодистого калия в воде, следует взять 8,11 весовых частей иодистого калия на 100 весовых частей воды.

А — требуемая концентрация растворенного вещества в растворе в процентах по весу;

В — число граммов вещества, которое необходимо растворить в 100 г растворителя.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ХИМИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИНАХ

по А. М. Ямпольскому [3]

Для понимания процессов, происходящих при гальванических покрытиях металлами, при составлении электролитов и их корректировке, а также для понимания аналитических величин, определяемых лабораторией при химическом анализе электролитов, необходимо знание основных химических, электротехнических и электрохимических терминов, применяемых в современной гальванотехнике. Ниже приводится краткое объяснение этих терминов и понятий.

Молекулой вещества называется наименьшая частица вещества, сохраняющая все его характерные свойства. Молекулы вещества состоят из элементарных частиц—*атомов*, отличных по своим свойствам от молекулы. Так, молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

Атомным весом называется относительный вес одного атома какого-либо элемента, выраженный в кислородных единицах, причем за кислородную единицу принята $^1/_{16}$ веса одного атома кислорода.

Атомный вес показывает, во сколько раз атом данного элемента тяжелее одной кислородной единицы. Соответственно и молекулярным весом вещества называется вес его молекулы, выраженный в кислородных единицах.

Так, например, молекулярный вес воды равен $2 + 16 = 18$.

Атомные веса важнейших химических элементов приведены в табл. 24.

Таблица 24

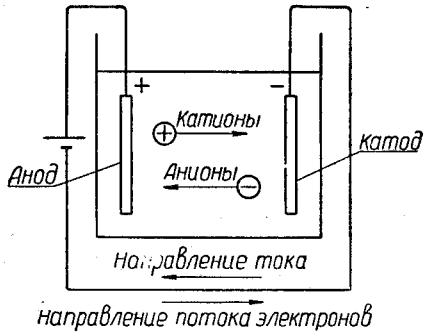
Таблица атомных весов элементов

Элемент	Формула	Атомный вес	Элемент	Формула	Атомный вес
Азот	N	14,0	Марганец	Mn	54,9
Алюминий	Al	27,0	Медь	Cu	63,7
Барий	Ba	137,4	Мышьяк	As	75,0
Бор	B	10,8	Натрий	Na	23,0
Бром	Br	79,9	Никель	Ni	58,7
Висмут	Bi	209,0	Олово	Sn	118,7
Водород	H	1,0	Палладий	Pd	106,7
Вольфрам	W	184,0	Платина	Pt	195,2
Железо	Fe	55,8	Ртуть	Hg	200,6
Золото	Au	197,2	Свинец	Pb	207,2
Индий	Jn	114,8	Сера	S	32,1
Иод	J	126,9	Серебро	Ag	107,9
Кадмий	Cd	112,4	Сурьма	Sb	121,8
Калий	K	39,1	Углерод	C	12,0
Кальций	Ca	40,1	Фосфор	P	31,0
Кислород	O	16,0	Фтор	F	19,0
Кобальт	Co	59,0	Хлор	Cl	35,5
Кремний	Si	28,1	Хром	Cr	52,0
Магний	Mg	24,3	Цинк	Zn	65,4

Валентностью называется способность элементов вступать в химическое соединение только с определенным количеством атомов других элементов. Валентность водорода условно принята равной единице, а валентность остальных элементов определена количественно по отношению к водороду или по отношению к элементам, дающим с водородом химические соединения. Так, например, валентность кислорода равна 2, а валентность алюминия равна 3.

Грамм-атомом элемента называется атомный вес элемента, выраженный в граммах. Так, грамм-атом серебра равен 107,9 *г*.

Грамм-молекулой называется молекулярный вес вещества, выраженный в граммах. Например, грамм-молекула воды равна 18 *г*.



Фиг. 1. Иллюстрации электрохимических терминов.

Грамм-эквивалентом вещества называется количество вещества, полученное от деления численного значения его грамм-молекулы на валентность, выраженное в граммах. Например, грамм-эквивалент серной кислоты равен 98 : 2 = 49 *г*.

Нормальным раствором называется раствор, содержащий 1 грамм-эквивалент растворенного вещества в 1 *л*.

Соответственно, *децинормальным* называется раствор, содержащий 0,1 грамм-эквивалента в 1 *л*. Так, децинормальный раствор едкого натрия содержит 4 *г* едкого натрия в 1 *л*.

Составление и определение концентрации растворов в грамм-эквивалентах применяют лишь при лабораторных анализах. Концентрацию растворов и электролитов, применяемых в гальванотехнических цехах, обозначают обычно в граммах на 1 *л* (*г*/*л*).

Растворы, способные проводить электрический ток, называются *электролитами*. Большинство солей, кислот и щелочей в виде водных и неводных растворов, а также в расплавленном состоянии являются электролитами. Отдельные молекулы растворенного в электролитах вещества распадаются на положительно и отрицательно заряженные атомы, т. е. подвергаются *электролитической диссоциации*.

Если степень диссоциации молекул велика, то такие электролиты хорошо проводят электрический ток и называются сильными электролитами. Соответственно, при малой степени диссоциации, электролиты обладают плохой электропроводностью и называются слабыми электролитами.

При прохождении через электролиты постоянного электрического тока происходит *процесс электролиза*, сопровождающийся изменением состава электролитов у электродов.

В этом отличие электролитов, проводников второго рода, от металлических проводников, или проводников первого рода, не изменяющихся при прохождении тока.

Включение электролита в электрическую цепь производят посредством проводников, называемых *электродами*.

Электроды, соединенные с положительным полюсом источника тока, называются *анодами*, а электроды, соединенные с отрицательным полюсом, называются *катодами*.

Прохождение электрического тока через электролит обусловлено движением электрически заряженных атомов растворенного вещества, которые носят название *ионов*.

Ионы, несущие положительные заряды к катодам, называются *катионами*, а ионы, несущие отрицательные заряды к анодам, называются *анионами* (фиг. 1).

Катионы обозначают символом их атома со значком плюс или точкой, а анионы отмечают символом их атомов со штрихом вверху справа или значком минус.

Количество значков равно количеству электрических зарядов и соответствует валентности данного элемента или соединения, например:

$$Na^{\cdot},\ Ni^{++},\ Cl',\ SO_4^{--}.$$

Кислотой называют химическое соединение, в котором единственным катионом является водород, способный замещаться полностью или частично металлом. После такого замещения образуется соль, например:

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2.$$

Гидраты окислов металлов называются *основаниями*, например:

$$Ni(OH)_2,\quad Fe(OH)_3.$$

Растворимые гидраты металлов называются *щелочами*, например:

$$NaOH \text{ и } KOH.$$

Чистая вода очень слабо диссоциирует на ионы $H^{\cdot}$ и OH'.

Один грамм-эквивалент чистой воды содержит $\frac{1}{10^{14}}$ грамм-эквивалентов H' и OH' по $1\frac{1}{10^7}$ грамм-эквивалента каждого.

Эту величину концентрации для водородных ионов принято записывать не в виде дроби, а посредством показателя у цифры 10 в знаменателе. Эта цифра обозначается pH и характеризует кислотность растворов. Таким образом, кислотность (pH) чистой воды обозначается цифрой 7.

При добавлении кислоты в воду концентрация водородных ионов в ней увеличивается и показатель знаменателя дроби уменьшается, т. е. pH кислых растворов меньше 7.

Соответственно, при добавлении щелочи показатель pH всегда больше 7.

Определение кислотности (pH) электролитов Наиболее точные результаты при измерении pH дают специальные приборы — потенциометры.

В цеховых условиях измерение pH часто производится при помощи компаратора, специальных карандашей и индикаторных бумажек.

В первом случае определение ведется следующим образом. В три пробирки наливают по 5 *мл* испытуемого электролита: две пробирки ставят в крайние гнезда первого ряда компаратора, в третью пробирку добавляют 1 *мл* индикатора и ставят ее в среднее гнездо первого ряда компаратора. В среднее гнездо второго ряда вставляют пробирку с дистиллированной водой, а по краям помещают пробирки с эталонами колориметрической шкалы.

Рассматривая компаратор в проходящем свете, подбирают эталоны в соответствии с прибавленным к электролиту индикатором и определяют значение pH.

За pH испытуемого раствора принимают pH подходящего по цвету стандарта. Для определения pH электролитов при помощи компаратора можно пользоваться прибором «агроном», применяемым для определения

кислотности почвы. Обычно от найденного значения pH необходимо отнять величину 0,2—0,3 (солевая поправка).

Химические соединения, препятствующие изменению кислотности электролитов и тем самым способствующие их устойчивости, называются *буферными соединениями*. Например, такими соединениями являются: борная кислота в никелевом электролите, алюминиевые квасцы в кислом электролите цинкования и др.

Силой тока называется количество электричества, протекающее через сечение проводников в течение одной секунды. За единицу величины тока принят ампер. Ампер — это количество электричества, необходимое для осаждения 0,001118 *г* серебра из раствора серебряной соли в одну секунду.

Силу тока измеряют посредством амперметра, включенного в цепь электрического тока последовательно с потребителем энергии (гальваническая ванна и др.).

Ампер-секундой, или *кулоном*, называется единица количества электричества. Она равна количеству электричества, протекающего через проводник в 1 сек. при силе тока в 1 *а*.

В гальванотехнике применяют более крупную единицу количества электричества — *ампер-час*, который равен 3600 ампер-секунд.

За единицу электрического сопротивления принято сопротивление столба ртути сечением в 1 *мм*² и длиной 106,3 *см* при температуре 0° С. Эта величина называется *омом*.

Удельным сопротивлением называется сопротивление проводника сечением в 1 *мм*² и длиной 1 *м*.

Сопротивление всякого проводника подсчитывается по формуле

$$R = \frac{P \cdot l}{q},$$

где R — сопротивление проводника в *ом*;
P — удельное сопротивление;
l — длина проводника в *м*;
q — площадь поперечного сечения проводника в *мм*².

За единицу *напряжения* принят *вольт*. Эта величина соответствует разности электрических потенциалов на концах проводника с сопротивлением в 1 *ом* при величине тока в 1 *а*. Разность потенциалов на концах какого-либо участка электрической цепи, или, иначе, падение напряжения на этом участке измеряют вольтметром. Зажимы вольтметра соединяются с точками цепи, между которыми измеряется разность потенциалов.

Мощность постоянного электрического тока выражают в *вольт-амперах* или *ваттах*.

Единицей мощности является ватт. Ватт — это мощность тока величиной в 1 *а* при напряжении в 1 *в*. Определение мощности источника тока производят путем умножения силы измеренного на его зажимах напряжения на величину развиваемой им величины тока. Так, например, мощность генератора, развивающего напряжение в 6 *в*, при силе тока в 200 *а* равна 1200 *вт*. или 1,2 *квт*.

Единица работы электрического тока называется *джоулем*, или *ватт-секундой*. Это работа электрического тока мощностью в 1 *вт* в течение 1 сек. Ввиду малой величины джоуля работу электрического тока в технике измеряют в *киловатт-часах*. Один киловатт-час равен 3 600 000 джоулей. Электрические величины и их стандартные обозначения приведены в табл. 25.

Таблица 25

Электрические величины и их стандартные обозначения
(ОСТ 515)

Название	Обозначение	Отношение к основной единице	Определение
Ом	*ом*, Ω (основная единица)	1	Ом — сопротивление ртутного столба длиной 106,300 *см*, имеющего одинаковое по всей длине сечение и массу, равную 14,4521 *г* при неизменяющемся электрическом токе и температуре тающего льда
Мегом	*мгом*, *M* Ω	1000000	
Микроом	*мком*, μ Ω	0,000001	
Ампер	*а*, *A* (основная единица)	1	Ампер — сила неизменяющегося электрического тока, который отлагает 0,001118 *г* серебра в секунду, проходя через водный раствор азотнокислого серебра
Миллиампер	*ма*, *mA*	0,001	
Микроампер	*мка*, μ*A*	0,000001	
Вольт	*в*, *V* (основная единица)	1	Вольт — электрическое напряжение, или электродвижущая сила, которая в проводнике с сопротивлением в 1 *ом* производит ток величиной в 1 *а*
Киловольт	*кв*, *kV*	1000	
Милливольт	*мв*, *mV*	0,001	
Микровольт	*мкв*, μ*V*	0,000001	
Ватт	*вт*, *W* (основная единица)	1	Ватт — мощность неизменяющегося электрического тока величиной в 1 *а* при напряжении в 1 *в*
Гектоватт	*гвт*, *hW*	100	
Киловатт	*квт*, *kW*	1000	
Кулон	*к*, *C* (основная единица)	1	Кулон — количество электричества протекающее через поперечное сечение проводника в течение 1 сек. при силе тока в 1 *а*
Ампер-час	*а-час*, *Ah*	3600	

Продолжение табл. 25

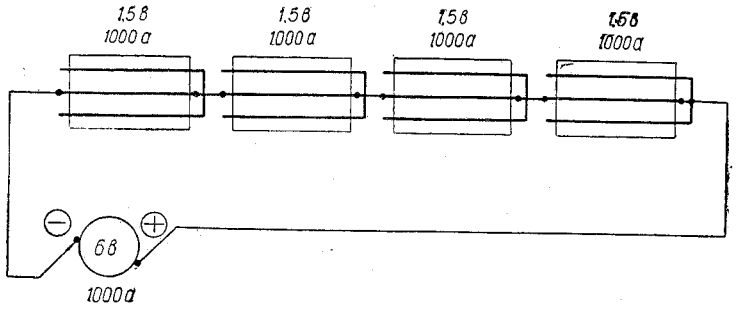
Название	Обозначение	Отношение к основной единице	Определение
Ватт-секунда	*вт-сек*, *Ws* (основная единица)	1	Ватт-секунда (джоуль) — работа, совершаемая электрическим током в течение 1 сек. при мощности в 1 *вт*
Ватт-час	*вт-час*,	3600	
Гектоватт-час	*гвт-час*, *hWh*	360000	
Киловатт-час	*квт-час*	3600000	
Фарада	*ф*, *F* (основная единица)	1	Фарада — емкость конденсатора, заряжаемого одним кулоном до напряжения в 1 *в*
Микрофарада	*мкф*, *μF*	0,000001	

Зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением цепи выражается *законом Ома:* величина тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению цепи.

$$I = \frac{E}{R} \text{ или } E = I \cdot R, \text{ или } R = \frac{E}{I},$$

где I — сила тока в *а*;
E — напряжение в *в*;
R — сопротивление в *ом*.

Закон Ома является одним из основных законов электротехники. Он широко используется при расчетах в гальванотехнике. Пользуясь этим



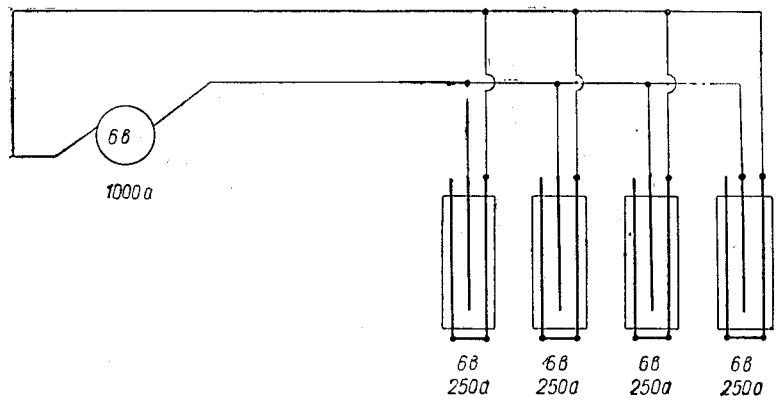
Фиг. 2. Схема последовательного включения ванн.

законом, производят расчет реостатов, силы тока и напряжения на различных участках электрической цепи при последовательном и параллельном включении, падении напряжения в шинах и др.

На фиг. 2 и 3 показано распределение тока от динамомашины при последовательном и параллельном включении гальванических ванн.

При последовательном включении ванн (фиг. 2) сила тока динамомашины остается неизменной для каждой из ванн, а напряжение на ваннах распределяется поровну между ваннами. При параллельном включении (фиг. 3) напряжение на ваннах остается неизменным, а сила тока динамомашины распределяется между ваннами в зависимости от их сопротивления.

По законам Фарадея: 1) *количество выделившегося при электролизе вещества прямо пропорционально силе тока и продолжительности электролиза, т. е. количеству электричества в а-час*; 2) *при пропускании*



Фиг. 3. Схема параллельного включения ванн.

одинакового количества тока, выраженного в ампер-часах, через различные электролиты, *количество выделенных при электролизе веществ прямо пропорционально их эквивалентным весам.*

Так, для того чтобы выделить на катоде 1 грамм-эквивалент вещества или, соответственно, перевести в раствор 1 грамм-эквивалент анодного вещества теоретически необходимо количество электричества в 96500 *а-сек*, или, в переводе на ампер-часы, 26, 8 *а-час*. Следовательно, количество электричества, равное 1 *а-час*, выделяет $\frac{1 \text{ грамм-эквивалент}}{26{,}8}$ *г* вещества. Эта величина называется *электрохимическим эквивалентом* вещества.

Теоретические числовые величины электрохимических эквивалентов для металлов, применяемых в гальванотехнике, приведены в табл. 26.

При помощи таблицы легко подсчитать, какое количество металла теоретически должно выделиться в результате электролиза.

Для этого следует количество ампер-часов, пропущенных через электролит, умножить на электрохимический эквивалент данного металла.

Плотностью тока называется сила тока в амперах, приходящаяся на 1 *дм*² площади электрода. Катодную плотность тока обозначают $D_к$, а анодную — $D_а$.

Выходом по току называется отношение количества фактически выделенного вещества к количеству вещества, которое должно было бы выделиться по закону Фарадея; выход по току выражается в процентах. Выход по току для различных электролитов приведен в табл. 27.

Таблица 26

Электрохимические эквиваленты некоторых металлов

Наименование металла	Характеристика электролита	Валентность	Химическое обозначение ионов	Атомный вес	Эквивалентный вес	Электрохимический эквивалент в *г/а-час*
Медь	Кислый	2	Cu^{++}	63,57	31,78	1,186
Медь	Цианистый	1	Cu^{+}	63,57	63,57	2,372
Никель	Кислый	2	Ni^{++}	58,69	29,35	1,095
Хром	Кислый	6	Cr^{++++++}	52,01	8,67	0,323
Цинк	Кислый	2	Zn^{++}	65,38	32,69	1,220
Цинк	Цианистый	2	Zn^{++}	65,38	32,69	1,220
Кадмий	Кислый	2	Cd^{++}	112,41	56,20	2,097
Кадмий	Цианистый	2	Cd^{++}	112,41	56,20	2,097
Олово	Кислый	2	Sn^{++}	118,70	59,35	2,214
Олово	Щелочной	4	Sn^{++++}	118,70	29,67	1,107
Свинец	Кислый	2	Pb^{++}	207,22	103,61	3,865
Серебро	Цианистый	1	Ag^{+}	107,88	107,88	4,025
Золото	Цианистый	1	Au^{+}	197,20	197,20	7,357

Таблица 27

Выход по току и толщина покрытия, получаемого из различных электролитов в течение часа при плотности тока 1 *а/дм²*

Наименование металла	Характеристика электролита	Удельный вес металла	Осадок, теоретически осаждаемый при 1 *а-час*, в *мм*	Практически наблюдаемая толщина осадка при прохождении 1 *а-час* в *мм*	Практически наблюдаемый выход по току в %
Медь	Кислый	8,9	0,01333	0,013	98
Медь	Цианистый	8,9	0,02660	0,017	65—70
Никель	Кислый	8,8	0,01244	0,0106	90
Хром	Кислый	7,1	0,00496	0,0006	13—18
Цинк	Кислый	7,0	0,01743	0,016	92
Цинк	Цианистый	7,0	0,01743	0,012	70
Кадмий	Кислый	8,6	0,02435	0,023	95
Кадмий	Цианистый	8,6	0,02435	0,022	90
Олово	Кислый	7,3	0,03033	0,027	90
Олово	Щелочной	7,3	0,01316	0,013	80
Свинец	Кислый	11,4	0,03382	0,033	99
Серебро	Цианистый	10,5	0,03830	0,037	98
Золото	Цианистый	19,5	0,33750	0,320	75—95

При погружении металла в электролит возникает разность потенциалов между металлами и электролитом, измеряемая в вольтах и имеющая для каждого металла свою величину, называемую *электродным потенциалом* данного металла.

Измерения электродных потенциалов различных металлов производят в растворах, содержащих один грамм-ион данного металла. Такие электродные потенциалы называются нормальными.

При измерении электродных потенциалов за нуль принят потенциал нормального водородного электрода.

При расположении металлов в порядке возрастания их нормальных потенциалов металлы образуют электрохимический ряд напряжений.

В табл. 28 металлы расположены в порядке возрастания их электроположительного потенциала.

Таблица 28

Электрохимический ряд напряжений

Наименование металла	Химическое обозначение ионов	Нормальный потенциал в *в*
Калий	K^{+}	—2,92
Натрий	Na^{+}	—2,71
Магний	Mg^{++}	—1,10
Цинк	Zn^{++}	—0,76
Хром	Cr^{++}	—0,56
Железо	Fe^{++}	—0,44
Кадмий	Cd^{++}	—0,40
Никель	Ni^{++}	—0,25
Олово	Sn^{++}	—0,14
Свинец	Pl^{++}	—0,13
Водород	H^{+}	0
Сурьма	Sl^{+++}	+0,20
Мышьяк	As^{+++}	+0,30
Медь	Cu^{++}	+0,34
Медь	Cu^{+}	+0,52
Серебро	Ag^{+}	+0,81
Ртуть	Hg^{++}	+0,86
Золото	Au^{+++}	+1,38
Золото	Au^{+}	+1,50

Каждый металл этого ряда при погружении в электролит является анодом по отношению к другому металлу с более электроположительным потенциалом.

Важным следствием этого является то, что только цинк служит анодом по отношению к железу и защищает его при покрытии не только механически, но и электрохимически.

Таблица 29

Характеристика основных материалов

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и допускаемое по ОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие определения для приемки
Натрий едкий NaOH. Молекулярный вес 40,01, уд. вес 2,02, растворимость в воде при 15—25° 1088 *г/л*. Тара — железные барабаны весом по 150—200 *кг*. Плавленая кристаллическая масса белого цвета	Для обезжиривания, воронения, щелочного оловянирования, цинкования, меднения и кадмирования	По ГОСТ 2263-43 содержит: NaOH не менее 92 Na_2CO_3 не более 3 NaCl » » 1,5 Нерастворимых примесей не более 0,15. В том числе железо в пересчете на Fe_2O_3 не более 0,05 Na_2SiO_3 » » 0,5 $NaSO_4$ » » 0,5	NaCl, особенно для процессов анодного обезжиривания и оксидирования, Na_2SiO_3 для гальванических покрытий
Калий едкий KOH. Молекулярный вес 56,11, уд. вес 2,12, растворимость в воде 1117 *г/л*. Кристаллическая масса белого цвета	Для воронения и обезжиривания	По ОСТ НКТП 3901 содержит: KOH не менее 88 K_2CO_3 не более 3,5 KCl » » 1,35 K_2CO_4 » » 0,9 Fe_2O_3 » » 0,5	Проверить только содержание свободного KOH
Сода кальцинированная Na_2CO_3. Молекулярный вес 106,0, уд. вес 2,5, растворимость 598 *г/л*. Тара — мешки	Для электрообезжиривания	По ГОСТ 5100-49 содержит: Na_2CO_3 не менее 98 NaCl не более 1 $NaSO_4$ » » 0,1 Потерь при прокаливании не более 4%	Проверить только на содержание $NaCO_3$
Тринатрийфосфат $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$. Молекулярный вес 380,23, уд. вес 1,63, растворимость в воде 95 *г/л*. Порошок белого цвета. Тара — мешки или бочки.	Для всех видов обезжиривания и электролитического фосфатирования	По ГОСТ 201-41 содержит: $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ не менее 95 Хлориды не более 0,3 Сульфаты » » 0,8 Нерастворимый остаток не более 0,2	Для электрофосфатирования проверить содержание хлоридов
Кислота серная техническая H_2SO_4. Молекулярный вес 98,08, уд. вес 1,84. Тара — железные бочки или стеклянные бутыли на 20 *л* с деревянной обрешеткой	Для травления, декапирования, приготовления и корректирования кислых электролитов и полировки	По ГОСТ 2184-43 содержит H_2SO_4 не менее 92,5 Fe не более 0,015 Cl′ » » 0,002 По ОСТ 3573 чистая серная кислота содержит следы примесей и применяется для корректирования pH	При корректировке электролитов проверить на отсутствие окислов азота
Кислота соляная техническая HCl. Молекулярный вес 36,47, уд. вес 1,19. Тара — стеклянные бутыли на 20 *л* с притертой пробкой	Для травления, декапирования и электролита оловянирования	По ГОСТ 1382-42 содержит: HCl не менее 27,5 SO_3 не более 0,4 Fe » » 0,03 As » » 0,01	При корректировках электролита лужения проверить на Fe
Кислота азотная (техническая) HNO_3. Молекулярный вес 63,02, уд. вес 1,38—1,40. Тара — стеклянные бутыли или алюминиевые бочки	Для травления меди и ее сплавов и осветления алюминия после травления и щелочи	По ГОСТ 701-41 содержит: HNO_3 не менее 96 NO_2 не более 0,4 H_2SO_4 » » 0,2	При осветлении алюминия проверить на H_2SO_4

Продолжение табл. 29

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и допускаемое по ОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие определения для приемки
Кислота борная техническая H_3BO_3. Молекулярный вес 62, уд. вес 1,46, растворимость в воде при 15—25° до 40 *г/л*. Белые чешуйчатые кристаллы. Тара — деревянные бочки или ящики	Для составления электролитов никелирования, свинцевания, цинкования, меднения	По ГОСТ 2629-44 содержит: H_3BO_3 не менее 98,5 SO_4'' не более 0,6 Cl' » » 0,2 Fe » » 0,005	Проверить на содержание Cl' в пересчете на NaCl
Кислота плавиковая техническая HF. Молекулярный вес 20, уд. вес 0,98. Тара — парафиновые банки	Для электролитов свинцевания, меднения, для травления чугуна	По ГОСТ 2567-54 содержит: HF не менее 40 H_2SiF_6 не более 0,4 H_2SO_4 » » 0,05	Для электролита свинцевания проверить содержание H_2SO_4
Ортофосфорная кислота H_3PO_4. Молекулярный вес 98,04, уд. вес 1,475 для 65% и 1,526 для 70%. Тара — стеклянные бутыли по 20 *л*	Для электролитов полирования	По ОСТ 10114-39 техническая кислота 1-го сорта содержит: H_3PO_4 не менее 70 Сульфатов не более 0,25 Хлоридов » » 0,05 Pb » » 0,03 Fe » » 0,05	Проверить на хлориды и железо
Ангидрид хромовый CrO_3. Молекулярный вес 100,0, уд. вес 2,7, растворимость в воде на	Для хромирования, травления меди, снятия меди и полирования стали	По ГОСТ 2548-49 содержит: CrO_3 не менее 99,2 SO_4'' не более 0,4	При хромировании проверить на содержание SO_4'' и NO_3'

холоде 625 *г/л*. Кристаллическая масса красного цвета. Тара — железные барабаны до 100 *кг*		Cl' не более 0,006 Нерастворимых примесей не более 0,22 HNO_3 отсутствует	
Цинк сернокислый технический $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Молекулярный вес 287,6, уд. вес 2, растворимость в воде при 20° 966 *г/л*. Белый кристаллический порошок. Тара — деревянные бочки	Для кислого электролита цинкования	По ОСТ 3234 содержит: $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ не менее 98 FeO не более 0,15 H_2SO_4 » » 0,5 Нерастворимых примесей не более 0,1	Проверить на содержание FeO
Окись цинка ZnO. Молекулярный вес 81,4, уд. вес 5,42, Белый порошок. Тара — деревянные бочки	Для цианистого и цинкатного электролита цинкования	—	Проверить на содержание Pb, Cu и прочих тяжелых металлов
Кадмий сернокислый $CdSO_4 \cdot {}^8/_3H_2O$. Молекулярный вес 256,5, уд. вес 3,1, растворимость при 20° 400 *г/л*	Для кислого электролита кадмирования	По ГОСТ 4456-48 «чистый» содержит: Cu не более 0,01 Fe » » 0,02 Pb » » 0,05 Zn » » 0,02 Нерастворимых примесей не более 0,01	Проверить на содержание Cu и Pb
Окись кадмия CdO. Молекулярный вес 128,4, уд. вес 8,1, нерастворим в воде и NaOH. Бурый порошок	Для цианистого электролита кадмирования	—	Проверить на содержание Cu и Pb

Продолжение табл. 29

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и допускаемое по ОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие определения для приемки
Никель сернокислый $NiSO_4 \cdot 7H_2O$. Молекулярный вес 280,86, уд. вес 2, растворимость при 20° 305 *г/л*. Кристаллы зеленого цвета. Тара — деревянные бочки	Для электролита никелирования и кадмирования	По ГОСТ 2665-44 сорт НС—3 содержит: Ni + CO не менее 20,6 Zn не более 0,001 Fe » » 0,050 Cu » » 0,010 Pb » » 0,005 Mg » » 0,80 Нерастворимый остаток не более 0,150	Проверить на содержание Zn, Fe, Cu, Pb, Cl′ и NO_3
Никель хлористый $NiCl_2 \cdot 6H_2O$. Молекулярный вес 238, уд. вес 2,5, растворимость при 20° 610 *г/л*. Кристаллы светлозеленого цвета. Тара — деревянные бочки.	Как дополнительный компонент электролита никелирования	По ГОСТ 4038-48 содержит: Ni не менее 24,5 Zn,Fe,Cu,Pb в сумме не более 0,01 NO_3' не более 0,002	Проверить на содержание Zn, Fe, Cu, Pb и NO_3'
Медь сернокислая (медный купорос) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Молекулярный вес 250, уд. вес 2,3, растворимость при 20° 325 *г/л*. Кристаллы синего цвета. Тара — деревянные бочки	Для электролитов меднения, латунирования и бронзирования	По ГОСТ 2142-43 (техн.) содержит: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ не менее 98,2 Fe не более 0,06 As » » 0,015 H_2SO_4 » » 0,25 Нерастворимых примесей не более 0,1	Проверить на содержание Fe и особенно на As

Медь цианистая CuCN. Молекулярный вес 89,58. Нерастворима в воде. Тара — железные барабаны	Для электролитов меднения, латунирования и бронзирования	Содержит: CuCN 98 Na_2CO_3 0,5 Fe 0,1 H_2O 1,0	Проверить на содержание CO_3''
Олово сернокислое $SnSO_4$. Молекулярный вес 214,7, растворимость при 20° 190 *г/л*	Для сернокислого электролита оловянирования	Готовится непосредственно в цехе перед зарядкой ванны	Проверяется только концентрация $SnSO_4$
Олово четыреххлористое $SnCl_4 \cdot 5H_2O$. Молекулярный вес 350,5. Белая кристаллическая масса. Известно также в виде $SnCl_4$. Бесцветная жидкость. Молекулярный вес 260,5, уд. вес 2,23	Для щелочного электролита оловянирования	По ОСТ 5390-21 содержит: $SnCl_4 \cdot 5H_2O$ не менее 98,5 Fe не более 0,007 По ОСТ 176 известно в виде $SnCl_4$ (дымящейся жидкости) с содержанием $SnCl_4$ не менее 99	Вредных примесей не содержит
Натрий уксуснокислый $CH_3COONa \cdot 3H_3O$. Молекулярный вес 136, уд. вес 1,68, растворимость при 20° 150 *г/л*. Белые кристаллы. Тара — деревянные бочки	Для щелочного электролита оловянирования	По ГОСТ 2080-43 содержит: CH_3COONa не менее 58 Муравьинокислого натрия не более 0,8 Cl′ не более 0,05 SO_4'' » » 0,02 Fe отсутствует	Вредных примесей не содержит
Натрий цианистый NaCN. Молекулярный вес 49,01, растворимость при 20° 600 *г/л*. Белый	Для анодного декапирования меди и для составления	1-й сорт содержит: NaCN не менее 96,5 Na_2CO_3 не более 1,0	Для всех электролитов проверить содержание

Продолжение табл. 29

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и допускаемое по ОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие определения для приемки
порошок. Тара — железная, герметически закрытые барабаны с деревянной обшивкой	всех цианистых электролитов	NaOH не более 0,1 Fe » » 0,002 Влаги не более 1,0 Нерастворимых примесей не более 0,1 Cl′ не более 0,1	свободного $NaCN, Na_2CO_3$
Серебро азотнокислое $AgNO_3$. Молекулярный вес 169,89, уд. вес 4,3. Бесцветные кристаллы. Тара — стеклянные банки темного стекла	Для электролитов серебрения	По ГОСТ 1277-41 содержит: $AgNO_3$ не менее 99,75. Вещества, не осаждаемые HCl, не более 0,06 Вещества, не растворимые в воде, не более 0,01	Не содержит вредных примесей
Калий иодистый KJ. Молекулярный вес 166,01, уд. вес 3,11. Бесцветные кристаллы. Растворимость при 20° 561 *г/л*. Тара — стеклянные банки	Для нецианистого электролита серебрения	По ГОСТ 4232-48 содержит: KJ не менее 99,0	Проверить качественной реакцией KJ
Калий железистосинеродистый (желтая кровяная соль) $K_4Fe\|CN\|_6 \cdot 3H_2O$. Молекулярный вес 422,3, уд. вес 1,93,	Для электролита золочения	По ГОСТ 4207-48 содержит: $K_4Fe\|CN\|_6 \cdot 3H_2O$ не менее 99,0 Cl' не более 0,1 SO_4'' » » 0,1	Проверить качественной реакцией $K_4Fe\|CN\|_6$

растворимость при 20° 224 *г/л*. Кристаллы светложелтого цвета		K_2SO_3 не более 0,1 Нерастворимые примеси не более 0,1	
Калий двухромовокислый (хромпик) $K_2Cr_2O_7$. Молекулярный вес 294,22. Кристаллы красного цвета. Тара — деревянные или железные бочки	Для травления меди и пассивирования оксидных пленок алюминия	По ГОСТ 2652-48 содержит: $K_2Cr_2O_7$ не менее 98,5 Влаги не более 1 Нерастворимых примесей не более 0,15	Аналитической проверки не требуется
Квасцы алюминиево-калиевые $KAl\|SO_4\|_2 \cdot 12H_2O$. Молекулярный вес 474,5, уд. вес 1,65. Бесцветные кристаллы. Тара — стеклянные банки	Для кислых электролитов цинкования	По ОСТ 18869-40 содержит: Безводного Al_2O_3 не менее 19,5 Нерастворимых веществ не более 0,1	То же
Сульфат натрия технический $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Молекулярный вес 322,0, уд. вес 1,46, растворимость при 20° 428 *г/л*. Бесцветные кристаллы. Тара — деревянные бочки.	Для повышения электропроводности кислых электролитов	По ГОСТ 1363-47 содержит: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ не менее 96 Влаги не более 3 Fe » » 0,01 $H_2SO_{4своб}$ » » 0,02 Нерастворимых примесей не более 0,1	Проверить содержание $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
Сульфит натрия $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$. Молекулярный вес 252,18, уд. вес 1,56, растворимость при 20° 254 *г/л*. Бесцветные кристаллы. Тара — деревянные бочки	Для получения сульфитной медной соли цианистого электролита	По ГОСТ 903-41 содержит: $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ не менее 88 Na_2CO_3 не более 4 Fe » » 0,1 Нерастворимых примесей не более 0,1	Проверить содержание $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$

Продолжение табл. 29

Наименование и характеристика	Назначение	Состав и допускаемое по ОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие определения для приемки
Магний сернокислый $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Молекулярный вес 246,5, уд. вес 1,68, растворимость при 20° 355 *г/л*. Белый кристаллический порошок. Тара — деревянные бочки	Для повышения проводимости кислотных электролитов	По ГОСТ 4523-48 содержит: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ не менее 99,0	Проверить на содержание Fe и Cl′
Натрий хлористый NaCl. Молекулярный вес 58,5, уд. вес 2,1, растворимость при 20° 350 *г/л*. Мелкокристаллический порошок белого цвета	Для электролита никелирования	По ГОСТ 4233-48 содержит: NaCl не менее 97,5 Ca не более 0,6 Mg » » 0,1 Na_2SO_4 » » 0,5 Нерастворимых примесей не более 0,5	Аналитической проверки не требуется, качественная проба на NaCl
Натрий фтористый NaF. Молекулярный вес 42, уд. вес 2,79. Бесцветные кристаллы. Тара — стеклянные банки	Для электролита блестящего никелирования	По ГОСТ 2871-45 1-й сорт содержит: NaF не менее 84 Na_2SO_4 не более 3 Na_2CO_3 » » 2 H_2O » » 3 Нерастворимый остаток не более 10	Проверить содержание Na_2CO_3
Натрий азотнокислый (селитра натриевая) $NaNO_3$. Молекулярный вес 85,01, уд. вес 2,26. Бесцветные кристаллы. Тара — мешки или ящики	Для оксидирования черных металлов (воронения)	По ГОСТ 828-54 содержит: $NaNO_3$ не менее 99 NaCl не более 0,5 $NaNO_2$ » » 0,03 Влаги » » 2,0 Нерастворимых примесей не более 0,15	Аналитической проверки не требуется. Качественная проба на NO_3'
Натрий азотистокислый (нитрит натрия) $NaNO_2$. Молекулярный вес 69,0, уд. вес 2,17. Мелкокристаллический порошок белого цвета. Тара — деревянные бочки	Для оксидирования черных металлов (воронения)	По ГОСТ 6194-52 содержит: $NaNO_2$ не менее 98 $NaNO_3$ не более 1,5 Влаги » » 3,0 Нерастворимых примесей не более 0,1	Качественная проба на NO_2'

Таблица 30

Характеристика анодов

Наименование и характеристика	Размеры в *мм* *	Состав и допускаемое по ГОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие проверки
Аноды цинковые. Марка Ц-0, Ц-1. Уд. вес 7,1. Температура плавления 419°. 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 1180-41 содержат: Zn не менее 99,8 Pb не более 0,03 Fe » » 0,07 Cd » » 0,02 Sn » » 0,002 Cu » » 0,002 As » » 0,005 Sb » » 0,005 Bi » » 0,002 Общее содержание примесей не более 0,02	Проверить на содержание Cu, As и Fe. Содержание Cd можно допустить неограниченно большим

Продолжение табл. 30

Наименование и характеристика	Размеры в *мм* *	Состав и допускаемое по ГОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие проверки
Аноды кадмиевые. Марка К-0, К-1. Уд. вес 8,6. Температура плавления 321°. Тара — деревянные ящики	Длина 500, ширина 150 и 300, толщина 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 15	По ГОСТ 1468-53 содержат: Cd не менее 99,5 Pb не более 0,002 Zn » » 0,002 Ag » » 0,002 As » » 0,002	Проверить на содержание Pb и As
Аноды оловянные. Марка О-1. Уд. вес 7,3. Температура плавления 232°. Чушковое олово, без тары	Аноды отливают непосредственно в цехе по требуемым размерам	По ГОСТ 860-41 содержат: Sn не менее 99,90 S не более 0,015 As » » 0,015 Pb » » 0,04 Cu » » 0,01 Bi » » 0,01 Si » » 0,01	Проверить на содержание Pb, Cu, As и S
Аноды никелевые. Марка Н-1. (ГОСТ 2132-43). Уд. вес 8,8. Поверхность анодов должна быть чистой, гладкой, без раковин, трещин и пузырей. Аноды должны быть отожжены, протравлены, очищены от шлама и окалины. Тара — деревянные ящики весом до 80 *кг*	400 × 100 × 4 400 × 150 × 4 500 × 200 × 4 500—600 { 100 × 5, 150 × 6, 200 × 8, 250 × 8 Овальные: 400 × 80 × 35 500 × 80 × 35 600 × 80 × 35 700 × 80 × 35 1000 × 80 × 35	По ГОСТ 2132-43 содержат: Ni + Co не менее 99,5 В том числе: Co не более 0,6 Fe » » 0,25 C » » 0,10 S » » 0,02 Cu » » 0,10 Si следы	Проверить тщательно содержание наиболее вредных примесей: S и Cu. Содержание Co допускается неограниченно большим
Аноды медные. Марка М-1. Уд. вес 8,9. Кромки анодов должны быть ровными, без разрыва, поверхность — ровной, без трещин и плен	Длина от 500 до 1000 *мм*, ширина от 100 до 1000 *мм*, толщина от 10 до 15 *мм*	По ГОСТ 767-41 содержат: Cu не менее 99,7 As не более 0,002 Bi » » 0,002 Sb » » 0,005 Fe » » 0,05 Sn » » 0,05 Ni » » 0,20 Pb » « 0,01 S » » 0,01	Проверить тщательно на содержание As и Sb. Для цианистых электролитов, кроме этого, проверить содержание Pb и Sn
Аноды латунные. Состав их зависит от требуемого соотношения компонентов в осадке. Общепринятый состав: Cu 65% и Zn 35%. Марка Л-62 и Л-68. Уд. вес 8,5	Для общепринятого состава латуни (Cu 65% + Zn 35%) аноды нарезают из латунных листов по требуемым размерам. Аноды другого состава отливают в формы по заданным размерам	Для состава латуни Л-68 по ГОСТ 1019-47 аноды содержат: Cu 67—70 Zn 30—33 Ni не более 0,005 As » » 0,005 Sn » » 0,005 Sb » » 0,005 Pb » » 0,03 Fe » » 0,100	Проверить содержание Cu и Zn, а из примесей содержание As, Sb и Pb

Продолжение табл. 30

Наименование и характеристика	Размеры в *мм* *	Состав и допускаемое по ГОСТ содержание примесей в %	Вредные примеси, требующие проверки
Аноды свинцовые, растворимые для свинцевания. Марка С-1 и С-2. Уд. вес 11,34. Доставка в чушках	Аноды нарезают или отливают непосредственно в цехе по требуемым размерам из рольного или чушкового свинца	По ГОСТ 3778-47. Марки С-2 содержат: Pb не менее 99,97 Ag не более 0,002 As » » 0,002 Sn » » 0,002 Sb » » 0,01 Fe » » 0,005 Mg » » 0,005 Zn » » 0,003	Проверить на содержание Fe и Sb
Аноды свинцовые нерастворимые, для хромирования, сурьмянистые. Марки ССу2. Доставка в чушках по 50 *кг*	Аноды нарезают или отливают непосредственно в цехе по требуемым размерам из рольного или чушкового свинца	По ГОСТ 1292-41 содержат: Pb + Sb не менее 99,4 Sb от 3 до 6 Cu не более 0,3 Zn » » 0,05 Прочие примеси в сумме не более 0,25	Проверить на содержание Sb

* Размеры анодов часто обусловливаются размерами электролитических ванн.

Электрохимической поляризацией называется разность между потенциалами электрода при выделении на нем металла или при его растворении под действием тока и при отсутствии внешнего тока.

Потенциал выделения водорода зависит от материала катода.

В ряде случаев при электролизе (например, при катодах из цинка, никеля, железа и некоторых других металлов) выделение водорода затруднено, так как его потенциал делается более электроотрицательным по сравнению с металлом катода. Такое повышение потенциала выделения водорода на некоторых металлах по отношению к нормальному потенциалу выделения водорода называется перенапряжением.

Рассеивающей способностью электролита называется его свойство отлагать слой металла равномерной толщины на поверхностях сложного профиля.

Рассеивающая способность одного и того же электролита зависит от величины катодной поляризации, степени электропроводности электролита, плотности тока, правильно выбранного положения деталей в приспособлениях, формы анодов и расстояния между анодами и катодами (деталями).

Типовые расчеты, применяемые в гальваностегии. Для различных вычислений, встречающихся в гальванотехнике, пользуются следующими уравнениями:

а) для подсчета времени осаждения

$$t = \frac{100 \cdot 60 \cdot a \cdot d}{D_k \cdot C \cdot n};$$

б) для подсчета толщины слоя

$$a = \frac{D_k \cdot C \cdot n \cdot t}{100 \cdot 60 \cdot d};$$

в) для подсчета плотности тока

$$D_k = \frac{100 \cdot 60 \cdot a \cdot d}{C \cdot n \cdot t};$$

г) для подсчета выхода по току

$$n = \frac{100 \cdot 60 \cdot a \cdot d}{D_k \cdot C \cdot t}\ \%.$$

В этих формулах: t — время осаждения в минутах;
a — толщина слоя в *мм*;
D_k — плотность тока в *а/дм²*;
n — выход по току в %;
d — удельный вес осаждаемого металла в *г/см³* (см. табл. 27);
C — электрохимический эквивалент осаждаемого металла в *г/а-час* (см. табл. 26).

Характеристика основных материалов приведена в табл. 29, а характеристика анодов — в табл. 30.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ КОРРОЗИИ

Коррозией называется разрушение металлов или сплавов вследствие химического или электрохимического воздействия внешней среды.

Коррозии подвергаются все металлы и большая часть сплавов, в той или иной мере соприкасающиеся с окружающей их газообразной или жидкой средой.

Коррозия сопровождается изменением внешнего вида изделия, изменением цвета, веса и механических свойств.

Ржавление железа и чугуна, покрытие зелеными окислами меди и латуни, образование белого налета на олове, цинке и алюминии, потемнение серебра, потускнение никеля и других металлов и сплавов представляет собой разновидность коррозии.

Причиной коррозии в основном является химическое или электрохимическое взаимодействие поверхностей металлов или сплавов с находящимися в воздухе газами, в том числе и с кислородом воздуха, водой и растворенными в ней веществами.

Потери металла от коррозии, особенно железа, чугуна и стали, очень велики. По имеющимся данным [4], около одной трети металла, вводимого ежегодно в виде различных изделий в эксплуатацию, выбывает из технического употребления по причине коррозии.

Значительная часть металлургической мощности идет на пополнение коррозионных потерь металла. Однако вред от коррозии связан не только с потерей самого металла, но и с порчей металлических конструкций, имеющих, как правило, значительно большую ценность, чем сам металл, из которого они сделаны.

К убыткам от коррозии следует также отнести весьма большие затраты на всякого рода защитные мероприятия.

Коррозия выражается количественно следующими показателями:

1. Потеря в весе с единицы поверхности в единицу времени

$$K = \frac{g}{F \cdot t}\ г/м^2\text{-}час,\ г/м^2\text{-}сутки,\ г/м^2\text{-}год \text{ и т. п.},$$

где K — потеря в весе с единицы поверхности в единицу времени;
g — потеря в весе за определенный период;
F — поверхность;
t — время, за которое произошла потеря в весе.

2. Средняя убыль толщины металла в единицу времени

$$S = \frac{s}{t}\ мм/час,\ см/год \text{ и т. п.},$$

где S — средняя убыль толщины металла за единицу времени;
s — убыль металла за определенный период времени;
t — время, за которое произошла убыль.

3. Необходимое время для средней убыли единицы толщины металла

$$T = \frac{t}{s}\ сутки/мм,$$

где T — время средней убыли 1 *мм* толщины металла в сутки;
t — время, отвечающее средней убыли 1 *мм* толщины металла;
s — средняя убыль толщины металла за наблюдаемый или расчетный период в *мм*.

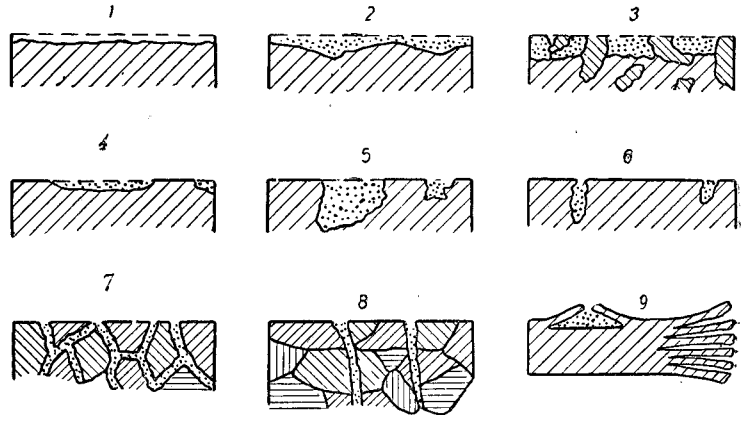
Эти три формулы связаны между собой следующим образом:

$$S = \frac{K}{1000\gamma};\ T = \frac{1}{s} = \frac{1000\gamma}{K},$$

где γ — удельный вес металла

По характеру действия среды на металл основные типы коррозии (согласно ГОСТ 5272-50) определяются следующим образом:

1. Атмосферная коррозия — коррозия металлов в атмосфере.
2. Газовая коррозия — химическая коррозия металлов в газах, обычно при высоких температурах.
3. Жидкостная коррозия — коррозия металлов в жидкой среде.



Фиг. 4. Виды коррозионных разрушений металлов:

1 — 3 сплошная коррозия; *4 — 9* местная коррозия; *1* — равномерная коррозия; *2* — неравномерная коррозия; *3* — структурно-избирательная коррозия; *4* — коррозия пятнами; *5* — коррозия язвами; *6* — коррозия точками; *7* — межкристаллитная коррозия: *8* — транскристаллитная коррозия; *9* — подповерхностная коррозия.

В зависимости от того, в какой среде происходит коррозия, различают: морскую коррозию, кислотную коррозию, щелочную коррозию, солевую коррозию и т. д.

4. Коррозия по ватерлинии (на границе воздух—вода) — коррозия металлов при неполном погружении вблизи ватерлинии.
5. Коррозия при полном погружении—коррозия металлов, полностью погруженных в жидкость. Если средой является вода, то применяется термин «подводная коррозия».
6. Коррозия при переменном погружении — коррозия металлов при переменном погружении их (целиком или частично) в жидкость и извлечении в газовую среду (обычно воздушную).
7. Химическая коррозия—коррозия металлов, не сопровождающаяся появлением электрического тока.

Различаются следующие виды коррозии (фиг. 4).

1. Сплошная коррозия — коррозия, охватывающая всю поверхность металла, находящуюся под воздействием данной коррозионной среды.

2. Равномерная коррозия — сплошная коррозия, протекающая примерно с одинаковой скоростью по всей поверхности металла.

3. Неравномерная коррозия — коррозия, протекающая с неодинаковой скоростью на различных участках поверхности металла.

4. Местная коррозия — коррозия, охватывающая лишь некоторые участки поверхности металла.

5. Подповерхностная коррозия—местная коррозия, начинающаяся с поверхности, но преимущественно распространяющаяся под поверхностью металла таким образом, что разрушения и продукты коррозии оказываются сосредоточенными внутри некоторых областей.

Обычно очаг коррозии, т. е. начало коррозионного разрушения не обнаруживается при обычном микроскопическом (без увеличения) исследовании поверхности, но всегда обнаруживается при микроскопическом (при значительном увеличении) исследовании. Подповерхностная коррозия часто вызывает вспучивание металла и его расслоение.

6. Коррозия точками — местная коррозия в виде отдельных точек.

7. Коррозия пятнами — местная коррозия в виде отдельных пятен.

8. Сквозная коррозия — коррозия, вызывающая разрушение металла насквозь.

9. Структурно-избирательная коррозия — коррозия, разрушающая только одну структурную составляющую или один компонент сплава (например, в латуни — цинк).

В зависимости от того, разрушается ли при избирательной коррозии лишь одна структурная составляющая или лишь один компонент сплава, различают «структурно-избирательную коррозию» и «компонентно-избирательную коррозию»

10. Межкристаллитная (интеркристаллитная) коррозия, распространяющаяся по границам кристаллов (зерен) металла.

11. Коррозия под напряжением — коррозия при одновременном воздействии коррозионной среды и напряжения.

Таблица 31

Десятибальная шкала коррозионной стойкости металлов

Группа стойкости	Скорость коррозии *мм/год*	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	Свыше 0,001 до 0,005	2
	» 0,005 » 0,01	3
Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4
	» 0,05 » 0,1	5
Пониженно-стойкие	Свыше 0,2 до 0,5	6
	» 0,5 » 1,0	7
Малостойкие	Свыше 1,0 до 5,0	8
	» 5,0 » 10,0	9
Нестойкие	Свыше 10,0	10

В зависимости от того, является ли нагрузка постоянной или временной, различают коррозию при постоянной нагрузке и коррозию при переменной нагрузке.

Коррозионная стойкость металлов, согласно ГОСТ 5272-50, определяется по десятибалльной шкале (табл. 31).

Глубинный показатель коррозии, которым выражается в «десятибалльной шкале» скорость коррозии, измеряется непосредственно или, в случае равномерной коррозии, получается пересчетом весового показателя.

Если глубинный показатель определяется в *мм/год* и весовой показатель в *г/м²-час*, то при пересчете пользуются формулой

$$П\ мм/год = \frac{K}{б \cdot 1000}$$

где $П$ — проницаемость;

K — потери в весе в *г/см²* в год;

$б$ — удельный вес.

Шкалой нельзя пользоваться при наличии межкристаллитной коррозии.

При более грубой оценке коррозионной стойкости надлежит руководствоваться «группами стойкости», при более точной оценке — «баллами». Устойчивость некоторых металлов в различных средах приведена в табл. 32.

Таблица 32

Устойчивость некоторых металлов в различных средах

Металл или сплав	Влажный воздух, не содержащий солей	Морская вода, растворы нейтральных хлористых солей	Едкий натрий		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
Никель	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1
Хром	4	4	3	2	2	1	2	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 или растворяется; 2 — корродирует; 3 — медленно корродирует; 4 — стоек в данной среде.

Глава вторая

ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Защита от коррозии имеет исключительно важное значение для черных металлов—железа, чугуна и стали, так как эти металлы имеют наибольшее распространение в технике и быту, но в силу своих физико-химических свойств наиболее подвержены действию коррозии. Ряд цветных металлов и сплавов — алюминий, магний, медь, бронза, латунь и другие также подвергаются коррозии, но в значительно меньшей мере, чем черные металлы, и тоже в некоторых случаях подвергаются защитным покрытиям более стойкими металлами, бесцветными или цветными лаками, а также оксидированию и пассивированию.

Всякое покрытие, которое образует на металле непроницаемый для газов и жидкостей слой, оказывает защитное действие от коррозионного разрушения.

Для защиты металлов применяются лакокрасочные, оксидно-фосфатные и металлические покрытия. Металлические покрытия подразделяются по способам нанесения на следующие: гальванические, погружением в расплавленные металлы, диффузионные, металлизация распылением и др.

Лакокрасочные покрытия. При лакокрасочном способе на поверхность металла механически наносится пленка лака или краски.

Образующееся покрытие создает механическую защиту (изоляцию) поверхности металла от разрушающего действия внешней среды.

В большинстве случаев в состав красок и лаков вводятся вещества, оказывающие пассивирующее действие на металл и способствующие защите от коррозийного разрушения.

Лакокрасочные покрытия обладают хорошими антикоррозионными свойствами, могут быть нанесены на поверхность любых размеров, дешевле других покрытий, легко возобновляются и дают возможность придать изделию красивый внешний вид любого цвета [6].

Лакокрасочные покрытия не могут быть применены: а) на поверхностях, подвергающихся трению; б) на изделиях, подвергающихся значительным механическим воздействиям; в) на изделиях, работающих при температурах выше 300—400°; г) в случае необходимости соблюдения точных допусков и посадок.

Оксидные и фосфатные покрытия. Оксидирование и фосфатирование заключается в создании на поверхности металла неорганической защитной пленки путем химической или электрохимической обработки изделий в специальных растворах.

К этим покрытиям относятся: оксидирование и фосфатирование стали и чугуна, оксидирование меди и медных сплавов, цинка и цинковых сплавов, олова, алюминия и алюминиевых сплавов.

Оксидные и фосфатные пленки, наносимые на железо, чугун и сталь для защитно-декоративной отделки, обладают сравнительно невысокими механическими свойствами.

Антикоррозионная стойкость оксидной пленки невысокая, но может быть повышена за счет применения поверхностного покрытия лаками.

Фосфатное покрытие не имеет декоративного значения и может защищать железо (сталь) от коррозии после последующего нанесения слоя специальной смазки, краски или лака. Фосфатирование обычно применяется как промежуточная обработка перед лакированием и окраской.

Гальванические покрытия. Сущность гальванического покрытия состоит в нанесении на поверхность металлических изделий относительно тонких слоев другого металла из раствора его соли при помощи извне приложенного постоянного электрического тока; таким образом, гальваническое покрытие представляет собой металлическое покрытие, полученное электрокристаллизацией.

К достоинствам этого способа относятся: меньший расход металла по сравнению с металлизацией и горячим способом, высокое качество получаемых осадков, прочное сцепление металла покрытия с основным металлом и возможность регулирования толщины покрытия.

Широко применяются гальванические покрытия цинком, кадмием, медью, никелем, хромом, оловом, свинцом, серебром и другими металлами.

Недостатками этого способа являются: большие капитальные затраты, ограниченность возможности покрытия предметов больших габаритов. Гальванические покрытия наиболее широко распространены в технике защиты металлов.

Покрытия способом погружения в расплавленный металл (горячий способ) производят в ванне, содержащей расплавленный металл, имеющий невысокую температуру плавления — олово, цинк, свинец.

К положительным сторонам этого способа относятся: простота обслуживания, высокая производительность и высокое качество покрытия; к отрицательным сторонам этого способа относятся: большие потери металла на угар, трудность регулирования толщины слоя, невозможность покрытия изделий сложной конфигурации и деталей, имеющих резьбу или узкие отверстия.

Диффузионные покрытия. Этот способ нанесения покрытий основан на диффузии (проникновении) в поверхностные слои изделия (из какого-либо металла или сплава) при высокой температуре металла покрытия.

Диффузионные покрытия производятся при нагреве изделий и порошка металла покрытия в твердой, жидкой или газообразной фазе (состоянии) металла, в результате чего на поверхности изделия образуется слой из сплава железа с покрывающим металлом.

Диффузионный способ имеет сравнительно небольшое распространение, но в некоторых случаях его применение необходимо (при покрытии стальных изделий алюминием для защиты стали от коррозии при высоких температурах — алитирование). Применяются диффузионные покрытия цинком, хромом, алюминием, кремнием и т. д. с целью повышения коррозийной устойчивости, придания поверхностной твердости или жаростойкости.

Достоинством этого способа является возможность нанесения покрытий ряда элементов (алюминий, кремний и др.), которые не могут быть получены никакими другими способами, а недостатком — необходимость применения высоких температур и специальных установок.

Металлизация распылением заключается в расплавлении металла покрытия (алюминия, цинка, стали и др.) в пламени ацетиленового либо другого горючего газа или электрической дуги и пульверизации его сильными струями сжатого воздуха или газа на металлизируемую, заранее

подготовленную поверхность металлических или неметаллических изделий. Применяется металлизация алюминием, цинком, свинцом, медью, латунью, бронзой, сталью, в том числе нержавеющей; в редких случаях — кадмием, оловом и никелем.

Для защиты от коррозии применяются цинковые, алюминиевые и, реже, свинцовые покрытия.

Недостатком этого способа является: меньшая плотность покрытий в сравнении с покрытиями другими способами, в некоторых случаях недостаточное сцепление покрытия с основным металлом и значительный непроизводительный расход металла при распылении (25% и выше).

ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Предохранение изделий из чугуна, стали и других металлов и сплавов от коррозии при одновременном улучшении внешнего вида (декоративности) способом гальванических покрытий в настоящее время получило весьма широкое распространение и занимает одно из первых мест в системе борьбы с коррозией металлов.

Гальванические покрытия подразделяются на *защитные*, когда они наносятся только с целью защиты от коррозии, и *защитно-декоративные*, целью которых является также и создание декоративной внешности.

По роду защитного действия металлические покрытия разделяются на анодные и катодные [6].

Анодные покрытия защищают металлические изделия электрохимически. При наличии пор или оголенных участков между покрытием и основным металлом в присутствии электролита (влажной среды) образуется гальваническая пара, в которой металл покрытия становится анодом и растворяется, защищая тем самым основной металл от коррозии.

К анодным покрытиям железа, чугуна и стали относятся цинк в атмосферных условиях, кадмий в слабой соляной кислоте и морской воде и олово в некоторых органических кислотах.

Пористость анодных покрытий ускоряет их растворение, сокращает срок их службы, но не снижает защитной способности.

Защитное действие катодных покрытий может быть только механическим и заключается в изолировании поверхности изделий от воздействия коррозионной среды.

При наличии большого количества пор, поврежденных или оголенных участков катодного покрытия защитное действие подобных покрытий прекращается, и в случае неблагоприятных условий службы или хранения изделий (повышенная влажность, наличие газов, пыли и других загрязнений воздуха) коррозионные разрушения усиливаются и ускоряются.

К катодным покрытиям относятся: никелирование, хромирование, серебрение, свинцевание, меднение, золочение, оловянирование (при службе в обычных условиях.)

Выбор видов и толщин гальванических покрытий. При выборе типа покрытия, толщины слоя и способа нанесения защитных и защитно-декоративных покрытий, в зависимости от назначения изделий, условий их эксплуатации, свойств покрытий и т. д., следует руководствоваться следующими ГОСТ.

Покрытия никелевые и многослойные на стальных изделиях (ГОСТ 3002-45). Стандарт распространяется на никелевые и многослойные (медь, никель, хром) гальванические покрытия, наносимые на поверхность стальных изделий с целью предохранения их от коррозии и придания им соответствующего внешнего вида (блестящего или матового).

I. *Классификация.* 1. В зависимости от условий работы изделий устанавливаются следующие группы покрытий:

а) Группа ЛС — для легких условий работы изделий. К этой группе относятся покрытия изделий, подверженных воздействию атмосферы в закрытых, сравнительно сухих отапливаемых помещениях, не сильно загрязненных топливными газами.

б) Группа СС — для средних условий работы изделий. К этой группе относятся покрытия для изделий, подверженных воздействию наружной атмосферы, загрязненной обычными количествами промышленных газов или испарений морской воды.

в) Группа ЖС — для жестких условий работы изделий. К этой группе относятся покрытия для изделий, работающих в тех же условиях, что и группа покрытий СС, но, кроме того, подверженных механическому износу от воздействия пыли, грязи, частого захвата руками.

Примечание. В обозначениях групп первые буквы Л,С,Ж характеризуют условия работы изделий, а вторая буква С — материал изделий (сталь).

II. *Технические условия.* 2. Минимальные толщины слоев покрытий на окончательно изготовленных изделиях устанавливаются следующие:

Условия работы	Обозначения групп покрытий	Минимальная толщина покрытий в *мк*			Толщина хромового покрытия средняя расчетная в *мк*
		никелевых без подслоев	многослойных: медь+никель или никель+медь+никель		
			суммарная	верхнего слоя никеля	
Легкие	ЛС	12	15	5	1
Средние	СС	24	30	10	1
Жесткие	ЖС	36	45	15	1

Примечания. 1. В необходимых случаях допускается уменьшение толщины покрытия ниже норм соответствующей группы покрытий, когда этого требуют конструктивные соображения. 2. Применение никелевых или многослойных (медь + никель или никель + медь + никель) покрытий устанавливается в каждом отдельном случае на месте производства, в зависимости от условий работы изделий. 3. Хромовые покрытия применяются в тех случаях, когда желательно никелированную поверхность сохранить блестящей продолжительное время.

3. Поверхность стали, подлежащая покрытию, должна быть в достаточной мере свободна от дефектов, вредно влияющих на защитную способность и окончательную отделку покрытий. Она должна быть подвергнута таким механическим и химическим обработкам, которые необходимы, чтобы получить покрытия с требуемым защитным качеством и внешним видом.

4. Покрытия должны иметь блестящую или матовую отделку, в зависимости от потребности, и хорошее сцепление. Они не должны иметь вздутий, трещин, забоин, царапин, точек, образующихся от задержки

пузырьков выделяющегося водорода, и других дефектов, понижающих защитную способность покрытий и ухудшающих их внешний вид.

III. *Правила приемки, методы испытаний и маркировки.* 5. Покрытые изделия подлежат поштучной приемке отделом технического контроля (ОТК) завода-изготовителя посредством осмотра их невооруженным глазом, в соответствии с п. 4 настоящего стандарта.

6. Проверка толщины слоя медных и никелевых покрытий производится по ГОСТ 2997-45 «Методы химического контроля толщин медных гальванических покрытий» и по ГОСТ 3003-45 «Методы химического контроля толщин никелевых гальванических покрытий».

Проверка толщины слоя хромового покрытия не производится.

Количество изделий, подвергаемых испытанию на толщину покрытия, устанавливается техническими условиями завода-изготовителя в зависимости от типа и количества покрываемых изделий.

7. Поверхности изделий, подвергаемых покрытию, обозначаются на чертежах наименованием группы, минимальной толщины и видом покрытий, например: ЛС-15 — медь + никель.

Особые примечания к ГОСТ 3002-45.

1. При непосредственном никелировании меди и ее сплавов (латунь, бронза) минимальная толщина слоя никеля должна быть:

Легкие условия	ЛС —	5 *мк*
Средние »	СС —	10 »
Жесткие »	ЖС —	15 »

2. При многослойных покрытиях чугуна толщина первого слоя меди или никеля должна быть увеличена на 50%.

3. Для изделий, подвергающихся в процессе эксплуатации механическим воздействиям (например, поручни, ручки, ножные педали мотоциклов, ручки штурвалов и т. п.) толщина слоя хрома может быть увеличена до 2—3 *мк*.

4. При применении блестящих многослойных покрытий (никель + + медь + никель + хром) при промежуточной механической полировке по меди и глянцовке по никелю рекомендуется следующий припуск на однократное полирование:

Для покрытия	медью	при	общей		толщине	слоя	до	25 *мк*	3—5 *мк*
»	»	»	»	»	»	»	»	40 »	5—7 »
»	»	никелем	»	»	»	»	»	15 »	2—3 »

Припуск на полирование деталей с очень сложной конфигурацией (профилем) определяется практически в каждом отдельном случае.

Покрытия цинковые на стальных изделиях (ГОСТ 2249-43). Стандарт распространяется на цинковые гальванические покрытия, наносимые на поверхность стальных изделий с целью предохранения их от коррозии.

Примечание. Настоящий стандарт на военное судостроение не распространяется.

I. *Классификация.* 1. В зависимости от условий работы изделий (воздействующей на изделия атмосферы и длительности их эксплуатации) устанавливаются следующие три группы покрытий.

а) Группа ЛС — для легких условий работы изделий.

К этой группе относятся покрытия для изделий, подверженных воздействию атмосферы в закрытых, сравнительно сухих, отапливаемых помещениях, не загрязненной топливными газами, или же наружной атмосферы, не загрязненной промышленными газами, испарениями морской воды или другими активными коррозионными агентами, при непродолжительном сроке эксплуатации и хранении изделий.

б) Группа СС — для средних условий работы изделий.

К этой группе относятся покрытия для изделий, подверженных воздействию атмосферы обычной влажности, загрязненной небольшим количеством промышленных и топливных газов или испарениями морской воды.

в) Группа ЖС — для жестких условий работы изделий.

К этой группе относятся покрытия для изделий, подверженных воздействию атмосферы, загрязненной промышленными и топливными газами, пылью, химически активными веществами или испарениями морской воды, а также атмосферы повышенной влажности и меняющейся температуры.

Примечание. Буквы Л, С, Ж в обозначениях групп характеризуют условия работы изделий, буква С—материал изделия (сталь).

II. *Технические условия.*

2. Минимальная толщина слоя покрытия устанавливается следующая:

для группы покрытий	ЛС	0,007 *мм*
» » »	СС	0,015 »
» » »	ЖС	0,030 »

Примечание. Допускается уменьшение толщины покрытия ниже норм соответствующей группы покрытий, когда этого требуют конструктивные соображения или когда изделие, независимо от покрытия, рассчитано на срок службы менее 5 лет.

3. Поверхности изделий, подвергаемые цинкованию, обозначаются на чертежах числом, указывающим минимальную толщину покрытия (ОЦ) в микронах (например, 7—ОЦ).

4. Поверхности, на которые наносятся покрытия, должны быть без трещин, раковин, приставших механических твердых частиц, жиров, масел, ржавчины и окалины.

5. Покрытие должно быть нанесено сплошным и плотным слоем. Сцепление его с поверхностью основного металла должно быть прочным.

6. Покрытие должно быть без пузырей, трещин и наростов.

Губчатые образования на поверхности покрытия не допускаются.

Примечание. На поверхности покрытия допускаются темные пятна местного характера (например, водяные потоки или пятна после обработки, в хроматных и других пассивирующих растворах), не являющиеся результатом коррозии.

III. *Правила приемки и методы испытаний.* 7. Оцинкованные изделия подлежат поштучной приемке отделом технического контроля (ОТК) завода-изготовителя посредством осмотра их невооруженным глазом.

8. Метод испытания прочности сцепления покрытия с основным металлом, а также количество образцов для этого испытания устанавливаются дополнительными техническими условиями.

9. Проверка толщины слоя покрытия производится по стандарту «Методы химического контроля толщины цинковых гальванических покрытий».

Покрытия металлические защитные и декоративные в судостроении (типы и применение), ГОСТ 4490-48. 1. Стандарт устанавливает типы

и характеристики металлических покрытий, применяемых в судостроении для защиты деталей и изделий от коррозии или для придания им внешнего вида (блестящего или матового).

Стандарт предназначается для выбора металла покрытия и способа его нанесения в зависимости от назначения изделий, условий их работы и свойств покрытий.

Примечание. Стандарт на специальные приборы и электротехнические изделия для судостроения не распространяется.

2. Покрытия применяются:

а) Для деталей, работающих в условиях коррозионных воздействий, приведенных ниже в таблице.

б) Для деталей, покрытые поверхности которых не подвергаются механическим воздействиям или подвергаются настолько малым воздействиям, что они не вызывают заметного износа от захвата руками, протирания ветошью, трения о сопряженную поверхность при незначительных нагрузках и т. п.

Примечание. Для деталей, подвергающихся непосредственному воздействию морской воды, применение металлических покрытий не рекомендуется.

3. Типы покрытий по назначению разделяются на защитные и защитно-декоративные.

По роду наносимого металла покрытия разделяются на:

а) хромовые — в виде наружного слоя в многослойных покрытиях;

б) никелевые — в виде наружного слоя в многослойных покрытиях или в виде самостоятельного покрытия;

в) цинковые — в виде самостоятельного покрытия;

г) кадмиевые » » » »

д) оловянные » » » »

е) свинцовые » » » »

Примечания. 1. Покрытия другими металлами допускаются в соответствии со специальными техническими требованиями. 2. Никелевые покрытия применяются лишь в тех случаях, когда сложность конфигурации деталей, а также другие затруднения технологического порядка не позволяют обеспечить удовлетворительное качество хромовых покрытий.

4. Нанесение покрытий допускается:

а) электрохимическим способом;

б) погружением в расплавленный металл;

в) распылением расплавленного металла (шопирование).

5) Характеристики условий работы по группам устанавливаются следующие:

Группа	Характеристика условий работы покрытых изделий
Ж (жесткие условия)	Действие на изделия наружной атмосферы, насыщенной испарениями морской или пресной воды, случайное действие атмосферных осадков и брызг морской или пресной воды. Конденсация влаги на изделиях при резких суточных изменениях температуры

Группа	Характеристика условий работы покрытых изделий
C_1 (средние условия)	Действие на изделия воздуха во внутренних плохо отапливаемых и плохо вентилируемых помещениях при относительной влажности воздуха в них 80 — 100%, при случайной конденсации влаги на изделиях и при возможном загрязнении воздуха продуктами горения
C_2 (средние условия)	Действие воздуха на изделия и детали механизмов, установленных на палубе и изолированных от наружной атмосферы. Возможная незначительная конденсация влаги на изделиях и деталях при резких суточных изменениях температуры
Л (легкие условия)	Действие на изделия воздуха в отапливаемых и хорошо вентилируемых помещениях при относительной влажности воздуха в них, не превышающей 80—90% (конденсация влаги исключается)
В (вода)	Действие пресной воды, имеющей природную жесткость
П (пища)	Действие пищевых продуктов
К (кислота)	Действие серной кислоты и ее паров

6) Выбор покрытия в зависимости от назначения, условий работы и особых требований, предъявляемых к покрытию, производится в соответствии с данными табл. 33, 34 и 35.

7. Характеристика защитных и декоративных покрытий.

Примечания. 1. Отличная стойкость покрытия означает неизменяемость его внешнего вида под действием коррозионной среды. Хорошая стойкость покрытия означает потемнение его под действием коррозионной среды при отсутствии дальнейших коррозионных разрушений. Удовлетворительная стойкость покрытия означает, что покрытие корродирует под действием коррозионной среды, но скорость коррозии незначительна. При этих характеристиках предусматривается, что основной металл коррозии не подвергается. 2. Толщина слоя покрытия (общая подслоев) назначается по техническим условиям или по рабочим чертежам. 3. Стойкость покрытия свинцом указана для условий работы по группе Ж.

При выборе покрытий следует учитывать не только влияние условий, в которых эксплуатируются изделия, но и влияние материала, с которым они соприкасаются [6].

Во влажных условиях в узлах изделия конденсируется влага, содержащая растворенные соли и газы.

Таблица 33

Характеристика гальванических покрытий

Тип покрытия	Внешний вид покрытия	Механическая подготовка поверхности перед покрытием	Способ нанесения	Стойкость в наиболее распространенных условиях работы (C_1)	Защитная способность покрытия в наиболее распространенных условиях работы (C_1)	Ориентировочная толщина покрытий в мк	Твердость покрытия по Бринелю	Особые свойства покрытия
Хромовое блестящее. Многослойное покрытие с хромовым наружным слоем	Блестящее, белого с голубоватым оттенком цвета	Основной металл шлифуется и полируется, подслой глянцуется	Электролитический	Отличная	Хорошая при достаточном общем слое покрытия. На участках с поврежденным покрытием основной металл корродирует усиленно	Для черных металлов общая толщина 40 — 60 (толщина хрома 2—3). Для меди и ее сплавов общая толщина покрытия 20—25	Хром 600—800 Никель 120—150 Медь 80—100	1) Покрытие деталей сложной конфигурации затруднительно. 2) Слой хрома предохраняет покрытие от потемнения во всех условиях работы, кроме действия серной кислоты
Хромовое матовое многослойное покрытие с хромовым наружным слоем	Матовое, белого с голубоватым оттенком цвета	Основной металл подвергается специальному травлению или обдувается песком	То же	То же	То же	То же	То же	То же
Никелевое блестящее многослойное покрытие с никелевым наружным слоем	Блестящее, белого цвета	Основной металл шлифуется и полируется, подслой глянцуется	То же	Хорошая	То же	Для черных металлов общая толщина 40—60. Для цветных общая толщина 15—20	Никель 120—250 Медь 50—100	См. примечание 2 к параграфу 3 настоящего стандарта
Никелевое матовое многослойное покрытие с никелевым наружным слоем	Матовое, белого цвета	Основной металл подвергается специальному матовому травлению или обдувается песком	То же	То же	То же	То же	То же	То же
Цинковое, цинкование электролитическое	Гладкое, светлосерого цвета	Обдувка песком	То же	Удовлетворительная, со временем покрытие темнеет	Пропорционально толщине слоя. На участках с незначительным повреждением покрытия основной металл не корродирует	30—50	50—60	1) Покрытие из кислых ванн непригодно для деталей, имеющих сложную конфигурацию или сварные швы. 2) Из цианистых и цинкатных ванн получаются блестящие покрытия
Кадмиевое	Гладкое, белого цвета	Не требуется	То же	Хорошая	То же	30—40	20—30	Покрытие хорошо защищает от действия морской воды. (Следует учитывать, что кадмий и его соли дефицитны)

Продолжение табл. 33

Тип покрытия	Внешний вид покрытия	Механическая подготовка поверхности перед покрытием	Способ нанесения	Стойкость в наиболее распространенных условиях работы (C_1)	Защитная способность покрытия в наиболее распространенных условиях работы (C_1)	Ориентировочная толщина покрытий в мк	Твердость покрытия по Бринелю	Особые свойства покрытия
Оловянное	Гладкое, белого цвета	Обдувка песком или очистка стальной щеткой	Электролитический или нанесение олова в расплавленном состоянии	То же	Хорошая при достаточном слое покрытия. На участках с поврежденным покрытием основной металл корродирует	20—30	12—20	Покрытие хорошо защищает металлы от действия пищевых продуктов. (Следует учитывать, что олово и его соли дороги и дефицитны)
Свинцовое	Гладкое, светло-серого цвета	Не требуется	Электролитическое	Хорошая, со временем покрытие темнеет	Хорошая при достаточном слое покрытия. На участках с поврежденным покрытием основной металл корродирует	50—8	4—7	Покрытие устойчиво при действии серной кислоты и ее паров

В этих условиях между контактирующими деталями могут возникать гальванические пары, вызывающие усиленную коррозию, при этом металлы, являющиеся анодом, будут быстро разрушаться.

При необходимости применения «неблагоприятных» пар следует на контактирующие детали наносить анодные защитные покрытия (цинк—кадмий).

В случае невозможности нанесения защитных покрытий, необходимо между соприкасающимися деталями прокладывать изоляционные или металлические прокладки, ослабляющие или уничтожающие действие гальванической пары.

В качестве таких прокладок могут применяться: а) слой лака, краски, смазки и т. п.; б) оксидный или фосфатный слой; в) резиновые асбестовые, винипластовые или другие изоляционные материалы; г) металлическая цинковая, кадмиевая и другая фольга.

Многослойные покрытия. Для уменьшения вредного влияния пористости гальванически отложенных металлов, которая снижает защитную ценность покрытия, в гальваностегии применяют покрытия чередующимися слоями нескольких металлов (например, медь — никель — хром).

Покрытия чередующимися слоями дают наибольшую защиту от коррозии.

Многослойные покрытия получают различными способами: по одному способу покрытие состоит из слоя никеля, потом слоя меди, полученного в кислой медной ванне, затем снова третьего слоя никеля и, наконец, тонкого слоя хрома.

По другому способу сначала отлагают медь из цианистого медного электролита, на которую осаждают никелевое покрытие и тонкий слой хрома. Часто на первый слой меди из цианистого электролита отлагают толстый слой меди из кислого медного электролита и после полировки наносят слой никеля и тонкий слой хрома. Покрытие хромом, даже небольшим (один-два микрона) слоем, хорошо защищает от механического износа и повышает защитную ценность медно-никелевого покрытия.

В табл. 37 приведены защитно-декоративные покрытия, нуждающиеся в подслое для обеспечения прочного сцепления с покрываемым металлом, и покрытия, которые могут наноситься непосредственно [6].

Схемы технологических процессов нанесения гальванических покрытий [27]. Технологический процесс покрытий слагается из следующих комплексных операций:

1) Подготовки (очистки) поверхности металла перед покрытием;

а) механической подготовки (шлифование и полирование, пескоструйная обдувка, голтовка);

б) химической подготовки — химического или электрохимического обезжиривания изделий в органических растворителях, в растворах щелочей или солей щелочных металлов, а также удаления окислов в растворах кислот — травления.

2. Покрытия в гальванической ванне.

3. Последующей обработки поверхности деталей после покрытия: отмывки поверхности от следов электролита, сушки деталей и последующего полирования декоративной (лицевой) части поверхности при декоративном покрытии.

4. Контроля покрытий по внешнему виду, на толщину слоя и пористость покрытия, по размерам (изделий с точными допусками), на механические свойства (в специальных случаях, например, при покрытии пружин), на коррозионную стойкость.

Таблица 34

Применение защитных покрытий для изделий и деталей

Назначение покрытия	Тип покрытия	Способ нанесения	Основной металл	Рекомендуемые условия работы по группам	Область применения (примеры)
Защитные покрытия	Цинковое электролитическое	Электролитический в кислых ваннах	Сталь, чугун	C_1, C_2 Л и В	Детали простой формы; детали из листового металла; трубы для холодной пресной воды и фасонные части к ним; прокладки для устранения вредного влияния контакта между сталью и цветными металлами; пружины, плоские вещи и скобяные изделия простой формы
Защитные покрытия	Цинковое электролитическое	Электролитический в цианистых и щелочных ваннах	Сталь, чугун, медь и медные сплавы	C_1, C_2 Л и В	Детали различной формы; детали крепежные; петли разные; талрепы; скобы такелажные; детали талей; карабины; накладки шарнирные; шпингалеты; детали блоков; ситовые стеллажи для боезапаса; гнезда сальников; изделия сварные негромоздкие (после сварки); корпуса и детали приборов; пружины цилиндрические; инструмент монтажный; арматура укладочных ящиков; стальные детали, сопряженные с деталями из меди, алюминия или их сплавов и сплавов магния; детали из меди, сопряженные с деталями из стали, алюминия и магния и их сплавов
Защита от коррозии	Кадмиевое	Электролитический в цианистых ваннах	Сталь	Ж и C_1	Детали различной формы, работающие в условиях наиболее жестких коррозионных воздействий по группам Ж и C_1 (попадание морской воды, чистая конденсация влаги), детали приборов, не защищенные от попадания морской воды или работающие в помещениях с относительной влажностью воздуха 100%
Защита от коррозии	Оловянное	Электролитический или нанесение олова в расплавленном состоянии	Сталь, медь, медные сплавы и чугуны	П	Изделия, предназначенные для обработки и хранения пищевых продуктов, котлы для варки пищи, камбузный инвентарь, соприкасающийся с пищевыми продуктами
Защита от коррозии	Свинцовое	Электролитический	Сталь, медь и медные сплавы	К	Детали различной формы, находящиеся в помещениях батарей кислотных аккумуляторов

Примечание. Для деталей, работающих в условиях группы Ж, допускается цинкование с последующим окрашиванием только специальными красками по цинку. Применение свинцового сурика и свинцовых белил запрещено.

Таблица 35

Применение защитно-декоративных покрытий для изделий и деталей

Назначение покрытия	Тип покрытия	Способ нанесения	Металл подслоя	Основной металл	Рекомендуемые условия по группам	Область применения (примеры)
Защита от коррозии и придание изделиям соответствующего внешнего вида (блестящего или матового)	Хромовое блестящее	Электролитический	Никель	Медь и медные сплавы	C_1, C_2, Л	Детали, которые подлежат отделке нанесением покрытия и изготовляются из меди или медных сплавов в связи с особыми физико-химическими свойствами этих металлов (теплопроводность, электропроводность и др.)
	То же	То же	Никель+ +медь+ +никель	Сталь	C_1, C_2, Л	Детали, подлежащие высококачественной отделке, имеющие незначительный рельеф: отделочные планки, вентиляционные решетки, спинки кроватей, поручни и стойки их, подвески для занавесей, рукоятки простой формы и т. п.
	То же	То же	Медь+ +никель	То же	C_1, C_2, Л	Детали, подлежащие высококачественной отделке, имеющие различный рельеф; рукоятки приборов; маховички, ручки приводов; оконные и дверные ограждения, шпингалеты, петли дверные и т. п.
То же	Хромовое матовое	То же	Никель	Медь и медные сплавы	C_1, C_2, Л	Детали, имеющие на своей поверхности выгравированные надписи, которые должны четко выделяться, таблички с цифрами, схемами, шкалы и т. д.
	То же	То же	Никель+ +медь+ +никель	Сталь	C_1, C_2, Л	То же
	То же	То же	Медь+ +никель	То же	C_1, C_2, Л	То же
	Никелевое блестящее	То же	Без подслоя	Медь и медные сплавы	C_1, C_3, Л	Детали, которые подлежат отделке нанесением покрытия и изготовляются из меди или медных сплавов в связи с особыми физико-химическими свойствами этих металлов (теплопроводность, электропроводность и др.)

Продолжение табл. 35

Назначение покрытия	Тип покрытия	Способ нанесения	Металл подслоя	Основной металл	Рекомендуемые условия по группам	Область применения (примеры)
Защита от коррозии и придание изделиям соответствующего внешнего вида (блестящего или матового)	Никелевое блестящее	Электролитический	Никель + + медь	Сталь	C_1, C_2, Л	Детали, имеющие незначительный рельеф. В остальном то же, что и при хромировании с соответствующим подслоем
	То же	То же	То же	То же	C_1, C_2, Л	Детали, имеющие различный рельеф. В остальном то же, что и при блестящем хромировании, с соответствующим подслоем
	Никелевое матовое	То же	Без подслоя	Медь и медные сплавы	C_1, C_2, Л	Область применения такая же, как при матовом хромировании
	То же	То же	Никель + + медь	Сталь	C_1, C_2, Л	То же

Примечание. Ввиду ферромагнитности никеля не рекомендуется применять никелевое покрытие для деталей, устанавливаемых вблизи приборов с магнитными стрелками.

Таблица 36

Схемы (примерные) технологических процессов покрытия

№ операций	Наименование операций	Схемы технологических процессов				
		I	II	III	IV	V
1	Монтаж на приспособления	+	—	+	+	—
2	Обезжиривание химическое	+	—	±	+	—
3	Промывка в теплой проточной воде	+	—	±	+	—
4	Промывка в холодной проточной воде	+	—	—	+	—
5	Травление химическое	+	—	—	+	—
6	Промывка в холодной проточной воде	+	—	—	+	—
7	Нейтрализация	±	—	—	±	—
8	Промывка в холодной проточной воде	±	—	—	±	—
9	Промывка в горячей проточной воде	±	—	—	+	—
10	Демонтаж	±	—	±	+	—
11	Крацовка (для удаления травильного шлама) или анодное снятие шлама	±	—	—	—	—
12	Промывка в холодной проточной воде	±	—	—	—	—
13	Промывка в горячей проточной воде	±	—	—	—	—
14	Пескоструйная обдувка	+	—	—	—	—
15	Голтовка в барабанах или колоколах	—	+	—	—	—
16	Технический контроль	+	+	—	—	—
17	Обдирка кругами (корундовые или наждачные камни)	—	—	—	±	—
18	Зачистка вручную (наждачная шкурка № 100—120, порошок наждака, пемзы)	—	—	—	±	+
19	Шлифование на войлочных кругах с наждаком № 120—150	—	—	—	+	—
20	То же, № 180	—	—	—	+	—
21	То же, № 180 с маршалитовой пастой	—	—	—	+	—
22	Шлифование на войлочных кругах с наждаком № 220—250	—	—	—	+	—
23	Шлифование травяной щеткой	—	—	—	+	—
24	Полирование на бязевых кругах пастой	—	—	—	+	—
25	Обезжиривание в органических растворителях	—	—	—	+	—

Продолжение табл. 36

№ операций	Наименование операций	Схемы технологических процессов				
		I	II	III	IV	V
26	Протирка или сушка	—	—	—	+	—
27	Технический контроль	—	—	—	+	—
28	Изоляция	—	—	—	—	—
29	Монтаж на подвески	±	±	±	+	+
30	Обезжиривание химическое или электролитическое	+	+	+	+	+
31	Промывка в теплой проточной воде	+	+	+	+	+
32	Промывка в холодной проточной воде	+	+	+	+	+
33	Декапирование химическое или электролитическое	+	+	+	+	+
34	Промывка в одной-двух холодных проточных водах	+	+	+	+	+
35	Нейтрализация	±	±	±	±	—
36	Промывка в холодной проточной воде	±	±	±	±	—
37	Нанесение покрытия	+	+	+	Медь цианистая или никель	Хром
38	Промывка в непроточной холодной воде	±	±	±	±	+
39	Промывка в холодной проточной воде	+	+	+	+	+
40	Химическая обработка (пассивирование, осветление и т. п.)	±	±	±	—	—
41	Промывка в холодной проточной воде	±	±	±	—	—
42	Нейтрализация	±	±	±	—	±
43	Промывка в холодной проточной воде	±	±	±	—	±
44	Промывка в горячей проточной воде	+	+	+	+	+
45	Сушка	+	+	+	+	+
46	Демонтаж приспособлений	+	±	+	+	+
47	Снятие изоляции	—	—	—	—	—
48	Контроль	—	—	—	—	—
49	Сушка или протирка	—	—	—	—	—
50	Полирование на полотняных кругах	—	—	—	+	—
51	Химическое обезжиривание растворителями	—	—	—	+	—
52	Протирка или сушка	—	—	—	+	—

Продолжение табл. 36

№ операций	Наименование операций	Схемы технологических процессов				
		I	II	III	IV	V
53	Технический контроль	+	+	+	+	—
54	Монтаж на приспособления	—	—	—	+	—
55	Обезжиривание электролитическое	—	—	—	+	—
56	Промывка в теплой проточной воде	—	—	—	+	—
57	Промывка в холодной проточной воде	—	—	—	+	—
58	Декапирование химическое или электролитическое	—	—	—	+	—
59	Промывка в одной-двух проточных холодных водах	—	—	—	+	—
60	Хромирование	—	—	—	+	—
61	Промывка в непроточной холодной воде	—	—	—	±	—
62	Промывка в проточной холодной воде	—	—	—	+	—
63	Нейтрализация	—	—	—	+	—
64	Промывка в проточной холодной воде	—	—	—	+	—
65	Промывка в горячей проточной воде	—	—	—	+	—
66	Сушка	—	—	—	+	—
67	Демонтаж приспособлений	—	—	—	+	—
68	Полирование на полотняных кругах	—	—	—	+	—
69	Шлифование кругами (корунд или наждак)	—	—	—	—	+
70	Протирка	—	—	—	+	—
71	Технический контроль	—	—	—	+	+
72	Упаковка изделий	+	+	+	+	+

Условные обозначения:

+ применяется;
— не применяется;
± применяется в отдельных случаях.

Последовательность нанесения гальванических покрытий *Таблица 37*

Покрываемый металл	Последовательность нанесения гальванических осадки									
	Золото	Кадмий	Медь или латунь (цианистые)	Медь из кислой ванны	Никель	Олово	Свинец	Серебро	Хром	Цинк
Железо, чугун сталь	Необходим подслой меди или латуни	Непосредственно		Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Непосредственно. Желателен подслой меди или латуни	Непосредственно	Непосредственно. Для очень профилированных деталей подслой никеля	Непосредственно для тонких слоев. В других случаях подслой меди или латуни	При твердом хромировании непосредственно. В других случаях подслой меди или никеля	Непосредственно
Кадмий	—	То же		Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Для тонких слоев непосредственно. Для толстых подслой меди или латуни	Непосредственно		Желателен подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Непосредственно. Осаждается матовый слой	—
Медь или медные сплавы	Непосредственно							Рекомендуется предварительно амальгамировать	Непосредственно на латуни. Желателен подслой никеля	Непосредственно
Никель	Непосредственно				Необходим подслой меди или латуни	—	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Непосредственно	—
Олово	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	—	Непосредственно	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Непосредственно после горячего лужения	Непосредственно	Необходим подслой меди или латуни	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	—
Свинец или свинцовые сплавы	То же	Непосредственно			То же	Непосредственно		Необходим подслой меди или латуни	Необходим подслой меди, латуни и никеля	—
Серебро	Непосредственно				—	—	—	Непосредственно	Непосредственно. Желателен подслой никеля	—
Цинк	—	—	Непосредственно	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	Непосредственно	—	—	Необходим подслой меди или латуни (из цианистого электролита)	—

В зависимости от назначения покрытий, характера деталей и состояния покрываемой поверхности применяются следующие пять примерных схем технологических процессов (табл. 36).

1. Крупные детали, подлежащие защитному покрытию (цинкование, кадмирование, свинцевание, оловянирование), необработанные, с сильно окисленной поверхностью.

2. Мелкие детали, подлежащие защитному покрытию, обработка которых допускается в колоколах или барабанах.

3. Все детали, подлежащие защитному покрытию (цинкование, кадмирование, свинцевание, оловянирование), с поверхностью, предварительно (до поступления в цех покрытия) обработанной на станках.

4. Стальные детали, подлежащие защитно-декоративному никелированию или хромированию.

До поступления в цех покрытия детали не обработаны и имеют сильно окисленную поверхность.

Для деталей с поверхностью, предварительно (до поступления в цех покрытия) обработанной на станках, операции с 1 по 17 не применяются.

Путем последовательного повторения операций 29—55 стальные изделия покрываются либо никелем, затем медью из меднокислого электролита и затем опять никелем, либо медью из цианистого электролита, потом медью из меднокислого электролита и затем никелем.

Нанесение хрома во всех случаях производится путем последовательного соблюдения операций 56—74.

Медные детали и детали из сплавов меди обрабатываются, начиная с операции 20. Операция 37 является никелированием.

Из цинковых сплавов детали обрабатываются, также начиная с операции 20 до операции 55. Операция 37 является меднением в медноцианистом электролите. Дальнейшая последовательность нанесения слоев такая же, как и для остальных деталей.

Стальные хирургические инструменты, детали из меди и медных сплавов, подлежащие защитно-декоративному никелированию, обрабатываются с последовательным соблюдением операций 20—55, где операция 37 является никелированием. В этом случае операции 56—74 не применяются.

5. Твердое хромирование. В случае необходимости изоляция поверхности, не подвергающейся хромированию целлулоидом и другими материалами, осуществляется после операции 32.

Глава третья

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОВ К ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫМ ПОКРЫТИЯМ

Основным условием получения прочных и беспористых защитно-декоративных покрытий является чистота поверхности покрываемого металла.

В зависимости от характера и степени загрязненности поверхности, подготовка изделий перед покрытием осуществляется путем применения различных видов механической, химической или электрохимической обработки.

К механическим способам подготовки относятся: шлифование, полирование, крацевание, пескоструйная очистка, а также обработка мелких изделий в барабанах — галтование.

В результате осуществления этих процессов обработки поверхности деталей и изделий достигается требуемая гладкость их поверхностей и блестящий или матовый вид.

Шлифование и полирование, применяемые в гальванотехнике, имеют своей целью придание красивого внешнего вида изделию и называются отделочным или декоративным шлифованием (или полированием).

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЯХ

Качество поверхности обусловливается двумя факторами: чистотой поверхности и физическими свойствами поверхностного слоя (структура, наклеп и т. д.). Под чистотой поверхности понимается ровность и гладкость ее.

Ровность (или волнистость) дают представление о геометрии больших участков поверхности (т. е. о макрогеометрии).

Гладкость (или шероховатость) дает представление о геометрии малых участков поверхности (т. е. о микрогеометрии).

Количественная оценка качества поверхности в соответствии с ГОСТ 2789-51 производится на основе микрогеометрии обработанной поверхности и величины ее неровностей, выраженной в микронах.

Абсолютная величина неровностей поверхности измеряется от вершины наиболее высоких гребней до нижней точки наибольшей впадины и обозначается индексом $H_{макс}$.

Средняя величина отклонений от геометрической прямой, являющейся средней линией профиля неровностей, определяется как среднее квадратичное отклонение и обозначается индексом $H_{с.к}$.

Схема микрогеометрии профиля поверхности металла приведена на фиг. 5.

Количественное определение группы и класса чистоты для точных измерений производится специальными приборами [25].

Таблица 38

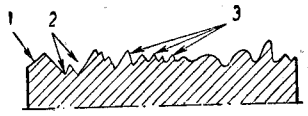
Классификация чистоты поверхностей (в соответствии с ГОСТ 2789-51)

Вид обработки	Группа чистоты				Класс чистоты			
	№	Наименование поверхности	Обозначение	$H_{с.к}$ в мк	№	Обозначение	$H_{макс}$ в мк	$H_{с.к}$ в мк
Обдирочное точение, фрезерование, строгание	I	Грубая	▽	100—12,5	1 2 3	▽1 ▽2 ▽3	**200**—125 **125**—62,5 **62,5**—37,5	100—50 50—25 25—12,5
Получистовое точение, фрезерование и строгание, грубое шлифование	II	Получистая	▽▽	12,5—1,6	4 5 6	▽▽4 ▽▽5 ▽▽6	**37,5**—18,7 **18,7**—10,0 **10,0**—6,3	12,5—6,3 6,3—3,2 3,2—1,6
Шлифование, тонкое точение, протягивание, развертывание, полирование	III	Чистая	▽▽▽	1,6—0,2	7 8 9	▽▽▽7 ▽▽▽8 ▽▽▽9	**6,3**—3,2 **3,2**—1,6 **1,6**—0,8	1,6—0,8 0,8—0,4 0,4—0,2
Полирование, доводка, притирка, хонингование, суперфиниш	IV	Весьма чистая	▽▽▽▽	0,2—0	10 11 12 13 14	▽▽▽▽10 ▽▽▽▽11 ▽▽▽▽12 ▽▽▽▽13 ▽▽▽▽14	0,8—0,5 0,5—0,25 0,25—0,125 0,125—0,062 0,062—0,000	0,2—0,1 0,1—0,05 0,05—0,025 0,025—0,012 0,012—0,000

Разряды чистоты, указанные в ГОСТ 2789-51, в данной таблице не приведены, как не имеющие широкого применения при декоративном шлифовании и полировании.

Для поверхностей, шлифованных и полированных в декоративных целях, определение класса чистоты обычно производится сравнением с набором эталонных образцов.

Классификация чистоты поверхности по ГОСТ 2789-51 и принятые обозначения в чертежах приведены в табл. 38, требования, предъявляемые к чистоте механической обработки — в табл. 39, а чистота поверхности покрытий — в табл. 40.



Фиг. 5. Схема микрогеометрии обработанной поверхности:
1 — профиль; *2* — впадины; *3* — выступы (гребешки).

Качество поверхности оказывает большое влияние на ряд важнейших свойств, износоустойчивость, а также на коррозионную стойкость.

В машиностроении и приборостроении назначение степени чистоты поверхности деталей, работающих в условиях трения до и после нанесения гальванических покрытий имеет большое значение, так как этим определяются эксплуатационные требования к покрытиям.

Качество обработанных поверхностей определяется обычно по эталонам, однако этот метод оценки (глазомерный) не точен.

Для количественного определения чистоты поверхности сконструированы специальные приборы: профилометры и профилографы [26]. Широкое применение для определения чистоты поверхности имеет двойной микроскоп МИС-11 акад. В. П. Линника.

Таблица 39

Требования, предъявляемые к чистоте механической обработки при гальванических покрытиях в соответствии с ГОСТ 2789-51

(применительно к деталям точного машиностроения и приборостроения)

Тип покрытия	Классы чистоты поверхности после механической обработки (точение, фрезерование, строгание, шлифование)	Классы чистоты поверхности после обработки в отделочном цехе (зачистка, полировка)	Классы чистоты поверхности после гальванического покрытия и глянцовки
Блестящие гальванические покрытия	7—8	11—12	12—13
Полуглянцевые гальванические покрытия	5—8	7—9	10—11
Матовые гальванические покрытия	6—7	7—8	7—8

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Шлифование. Шлифованием достигается получение ровной и гладкой поверхности путем снятия с металлических изделий весьма тонкого слоя металла при помощи твердых режущих материалов, называемых абразивами.

Таблица 40

Чистота поверхности покрытий
(по В. С. Рысцовой)

№ по пор.	Наименование покрытия	Внешний вид поверхности после покрытия	Материал детали	Классы чистоты по ГОСТ 2789-51	
				до покрытия	после покрытия
1	Блестящее хромирование с глянцовкой по хрому	Светлая голубовато-серая поверхность с зеркальным блеском без следов механической обработки	Сталь Латунь	12—13 12—13	12—13 12—13
		Голубовато-серая блестящая поверхность; в отраженном свете заметны тонкие следы механической обработки	Сталь Латунь	10—11 10—11	10—11 10—11
2	Матовое хромирование (обычное)	Матовая светлосерая поверхность с молочным отливом со следами механической и пескоструйной обработки	Сталь Латунь	5—6 5—6	5—6 5—6
	Матовое хромирование тонким матированием	Матовая светлосерая поверхность с молочным отливом без следов механической обработки с тонкими следами песка	Сталь Латунь	7—8 7	7—8 7
3	Блестящее никелирование с глянцовкой по никелю	Серебристо-белая поверхность с зеркальным блеском без видимых следов механической обработки	Сталь Латунь	12—13 12—13	12—13 12—13
		Блестящая серебристо-белая поверхность со следами механической обработки, заметными в отраженном свете	Сталь Латунь	10—11 10—11	10—11 10—11
4	Матовое никелирование	Серебристо-белая матовая шероховатая поверхность без следов механической обработки	Сталь Латунь	6—7 6—7	6—7 6—7
5	Цинкование	Серебристо-белая тусклая поверхность со следами механической обработки	Сталь	4—6	4—5

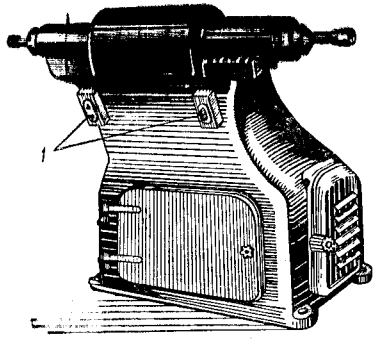
Продолжение табл. 40

№ по пор.	Наименование покрытия	Внешний вид поверхности после покрытия	Материал детали	Классы чистоты по ГОСТ 2789-51	
				до покрытия	после покрытия
6	Фосфатирование	Тусклая черная или сероватo-черная поверхность с малозаметными следами механической обработки	Сталь	4—6	4—5
7	Меднение (без последующего полирования или крацевания)	Красновато-желтая поверхность со следами механической обработки	»	6—9	7—8
8	Воронение	Черная глянцевая поверхность с металлическим блеском без заметных следов механической обработки	»	8—9	8—9
		Черная полуматовая поверхность со следами механической обработки	»	5—7	5—7
9	Оксидирование латуни с лакированием или промасливанием	Черная полуглянцевая поверхность со следами механической обработки	Латунь	5—8	5—7
10	Анодирование с красителем и лакирование	Полуглянцевая поверхность цвета красителя со следами механической обработки	Алюминий и его сплавы	5—7	5—7
11	Анодирование без красителя	Тусклая беловато-серая поверхность со следами механической обработки	То же	5—7	4—6
12	Лакирование блестящими лаками	Блестящая поверхность со следами механической обработки	Все виды металлов	5—7	5—7
		Блестящая поверхность без следов механической обработки	То же	8—9	8—9

При шлифовании происходит некоторое изменение формы поверхности изделия и уменьшение его веса вследствие того, что каждое зерно абразива, подобно резцу, снимает слой металла.

Шлифование и последующее полирование до и после покрытия дают возможность получить гладкую поверхность в соответствии с требованиями ГОСТ 2789-51.

В гальванических цехах шлифование и полирование производятся на специальных шлифовально-полировальных станках (фиг. 6) кругами, изготовленными из эластичных материалов: войлока, фетра, ткани, дерева, обитого кожей и т. п. Шлифующая поверхность (ребро круга) состоит из большого количества порошкообразных зерен абразива, связанных между собой и рабочей частью круга при помощи столярного клея, жидкого стекла или иного цементирующего вещества.



Фиг. 6. Двухшпиндельный двусторонний шлифовально-полировальный станок:

1 — кнопки «пуск» и «стоп».

Абразивные круги (так называемые точильные или шлифовальные камни) в гальванических цехах применяются в тех случаях, когда обрабатываемые изделия имеют на своей поверхности очень грубые неровности, заусеницы, окалину, бугристость, глубокие раковины и т. п. Такая обработка называется обдиркой или грубой шлифовкой.

Абразивные материалы и пасты. Для шлифования и полирования применяются абразивные материалы и пасты, классификация, состав и назначение которых приведены ниже.

Карборунд. Карборунд содержит около 99% карбида кремния. Зерна карборунда имеют очень острые грани и по твердости приближаются к алмазу. Твердость по шкале Мооса 9 *. Применяется карборунд для шлифования хрупких металлов с малым сопротивлением разрыву — чугун, бронза, латунь.

Корунд состоит из кристаллической окиси алюминия (92—99%). Твердость по шкале Мооса 9. Применяется для шлифования металлов с большим сопротивлением разрыву — закаленной стали, ковкого чугуна, марганцовистой бронзы и т. п.

Наждак — состоит из корунда (55—60%), окиси железа, окиси кремния и т. д. Зерна имеют острые грани, твердость по шкале Мооса 7—8. Наиболее широко применяется для шлифования черных и цветных металлов, особенно вязких — железа, меди.

Окись хрома — порошок темнозеленого цвета, состоящий из зерен с высокими полирующими свойствами. Применяется для полирования твердых металлов в составе паст (ГОИ и др.).

Окись железа (или железный сурик) — порошок темнокоричневого цвета. Применяется в составе паст для полирования стали, никеля, алюминия, серебра и т. д.

* Шкала минералогической твердости, по которой твердость талька принята за единицу, а твердость алмаза составляет 10.

Полировочная (венская) известь — состоит главным образом из гидрата окиси кальция, окиси магния и углекислого кальция, отличается мелкозернистостью и применяется для полирования мягких металлов и сплавов.

Абразивным материалам присваиваются соответствующие номера, причем, чем меньше зерна, тем выше номер материала (см. табл. 41).

Таблица 41

Характеристика абразивов в соответствии с ГОСТ 3248-46 и 3647-47

Группа зернистости	№ зернистости	Размерная характеристика зерен в *мк*	Обозначения в мин.
Шлифовальное зерно	12	2000—1700	—
	16	1400—1200	—
	24	850—700	—
	36	600—500	—
	46	422—355	—
	60	300—250	—
	80	210—180	—
Шлифовальный порошок	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
Микропорошки	М28	28—20	15
	М20	20—14	30
	М14	14—10	60
	М10	10—7	120
	М7	7—5	240
	М5	5—3,5	—

Связующие вещества. Наиболее употребительным веществом, удерживающим абразивные материалы на кругах, является столярный (мездровый) клей. По внешнему виду клей должен быть прозрачным, гладким, со стекловидным изломом и свободным от пятен, трещин и пузырей. Показателем хорошего качества клея служит его способность к набуханию. При набухании на холоде клей поглощает воду в количестве, превышающем в 5—20 раз его собственный вес.

В гальванических цехах часто применяется вместо столярного клея жидкое стекло для наклеивания крупного и среднего абразива.

Лучшими клеящими свойствами обладает натровое жидкое стекло уд. веса 1,40—1,45 при 18°. Высушивание кругов, наклеенных жидким стеклом, производят при 110—140° в течение 1—2 часов.

В зависимости от величины зерен наждака, применяющегося при шлифовании, берут весовые соотношения между количеством сухого клея и воды, указанные в табл. 42.

Таблица 42

Весовые отношения клея и воды

№ наждака	Весовые соотношения	
	клея	воды
60—70	40	60
80—90	35	65
100—120	33	67
150—180	30	70
200	25	70

Подготовка шлифовальных кругов. Подготовка эластичных шлифовальных кругов заключается в центровке, балансировке, профилировании и наклейке на рабочую поверхность абразивных порошков. Установленный круг не должен иметь биения, вызывающего вибрации шпинделя и ненормальный износ подшипников.

После центровки шлифовальные круги подвергаются балансировке — уравновешиванию. При этом круг выравнивают по толщине или утяжеляют свинцовым грузом более легкую его часть.

Для нанесения на круг абразивной оболочки применяют разные способы наклейки и накатки. На шлифовальных кругах из войлока или фетра абразивный порошок закрепляется чаще всего при помощи столярного клея.

Для подготовки клея его заливают холодной водой, дают набухать в ней в течение 6—12 час., после чего нагревают при 65°, поддерживая эту температуру до получения жидкой массы, которую равномерно наносят при помощи кисти на заранее очищенное ребро круга.

После того как клей будет нанесен, круг накатывают наждаком соответствующего номера, находящимся в специальном лотке; при накатке круг слегка прижимается к наждаку. Для более прочной фиксации абразива в клее круг несколько раз прокатывают по пустому лотку. Накатанные абразивные круги сушат при комнатной температуре в течение 16—24 час. При температуре 35—40° можно сократить время сушки вдвое. Применять более высокую температуру сушки не рекомендуется, так как происходит растрескивание нанесенного слоя клея, вследствие чего такие круги работают весьма ограниченное время.

Перед повторной накаткой кругов необходимо предварительно удалить оставшийся на них наждак, зачистить их поверхность кусковой пемзой и вновь накатать наждаком, как указано выше. При работе кругов с просаливанием, т. е. если во время шлифования применялись жиры и жирные пасты, перед повторной накаткой круги очищают от жировых загрязнений путем промывки в бензине или в другом растворителе.

Для обеспечения хорошего качества обработки поверхности изделия рекомендуется применять окружные скорости вращения кругов, указанные в табл. 43. Примерная последовательность обработки различных металлов приведена в табл. 45.

Шлифование производится в несколько переходов: от более крупных зерен абразива к менее крупным. Для получения хорошего качества шлифования при каждом последующем переходе необходимо направлять движение шлифовального круга относительно обрабатываемого изделия так, чтобы образующиеся штрихи (риски) были направлены под углом 30—45° к рискам предыдущего перехода, а при заключительной операции — располагались бы вдоль продольной оси изделия.

При отделочном шлифовании с просаливанием для смазывания кругов (при заключительной операции) применяются шлифовальные пасты следующего состава в % (весовых).

1. Маршалит 80,8
   Парафин 10,0
   Сало говяжье (или солидол) 9,0
   Церезин 0,2

2. Наждак М28 22,4
   Окись железа 55,5
   Техническое сало . . 15,1
   Стеарин 7,0

Полирование. Полированием называется обработка поверхности металлических изделий, в результате которой поверхность металла становится настолько гладкой (зеркально-блестящей), что приобретает способность хорошо отражать световые лучи.

Таблица 43

Окружные скорости кругов при обработке различных металлов

Обрабатываемый металл	Окружная скорость в *м/сек* при	
	шлифовании	полировании
Сталь, никель, белый металл	20	30
Латунь, медь, бронза, серебро	16	25
Цинк, олово, свинец, алюминий, сплавы алюминия и цинка	12—14	20

Число оборотов круга при заданной линейной скорости вращения будет зависеть от его диаметра (табл. 44).

Таблица 44

Зависимость числа оборотов круга от его диаметра и от обрабатываемого металла

Обрабатываемый металл	Число оборотов в минуту при диаметре круга (в *мм*)				
	200	250	300	350	400
Сталь, никель, белый металл	2850	2300	1880	1620	1440
Латунь, медь, бронза, серебро . . .	2400	1900	1590	1360	1190
Цинк, олово, свинец, алюминий, сплавы алюминия и цинка	1900	1530	1260	1090	950

Полирование применяется как для подготовки поверхности основного металла к покрытиям, так и для отделки поверхности покрытия (медь, никель, хром). В последнем случае операцию полирования часто называют глянцовкой.

Таблица 45

Последовательность обработки различных металлов

Обрабатываемый материал	Шлифование						Матирование (салка)	Полирование		
	Зернистость									
	36—40	60—80	120—150	180—220	180—220	240—280	Щетка	Крокусная	Известковая	Хромовая
Чугунные отливки и сварные детали	±	+	+	+	+	±	±	+	+	±
Стальные кованые детали	—	+	+	+	+	±	±	+	+	±
Стальные штампованные детали больших и средних размеров	—	±	+	+	+	±	±	+	+	±
Стальные болты, шурупы и детали небольших размеров	—	—	±	±	+	—	±	±	+	±
Детали из нержавеющей стали	—	—	+	+	±	+	±	±	±	±
Детали сложной конфигурации из латуни и цинкового сплава, а также эмалированные детали	—	—	—	±	+	±	+	+	+	±
Детали простой конфигурации из латуни и цинкового сплава	—	—	—	±	+	±	—	+	+	+
Алюминиевые детали	—	±	±	+	+	±	±	±	±	+

Условные обозначения: + применяется; — не применяется; ± применяется в отдельных случаях.

Полирование производят на шлифовальных станках при помощи кругов, изготовляемых из отдельных дисков полотна, бязи, фетра, замши или шерсти, на которые наносится полировальная паста. Размеры и вес бязевых кругов приведены в табл. 46. Нанесение пасты происходит во время вращения круга путем прикосновения к нему куска пасты. Слишком сильно пропитывать пастой полировальные круги не следует, так как избыток ее на круге ухудшает процесс полирования.

Полировочные пасты обязательно включают в свой состав органические вещества — стеарин, говяжье сало, олеиновую кислоту и т. д.

Состав паст приведен в табл. 47.

Для приготовления паст нагревают на закрытом огне до 55—60° воск, стеарин, церезин и сало и по расплавлении постепенно вводят остальные составные части, тщательно все перемешивают и заливают в формы.

Таблица 46

Диаметр круга в *мм*	Вес круга из ткани в *кг*		Диаметр круга в *мм*	Вес круга из ткани в *кг*	
	обычной	киперной		обычной	киперной
150	0,210—0,220	0,240—0,250	400	1,430—1,510	1,670—1,760
200	0,360—0,375	0,430—0,450	450	1,820—1,895	2,150—2,280
250	0,575—0,600	0,680—0,715	500	2,210—2,320	2,670—2,790
300	0,770—0,800	0,940—0,970	550	2,580—2,840	3,330—3,520

Таблица 47

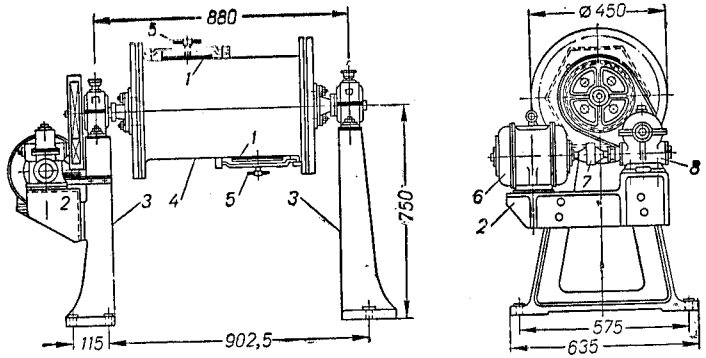
Пасты для полирования

№ п/п	Наименование составных частей	Количество в весовых частях	Назначение
1	Окись железа Стеарин Парафин Олеиновая кислота	60 15 15 10	Для полирования основного металла — железа, стали, нержавеющей стали (кроме чугуна—до покрытия)
2	Венская известь Окись железа Стеарин Воск или церезин	70 10 10 10	Для полирования железа, меди, латуни, алюминия и других сплавов, кроме чугуна
3	Венская известь Окись хрома Стеарин Сало говяжье Олеиновая кислота Церезин	40 40 12 4 2 2	Для полирования и глянцовки медных и никелевых покрытий, алюминия и его сплавов
4	Окись алюминия Стеарин Воск или церезин Сало говяжье Скипидар	65 10 15 8 2	То же
5	Окись хрома Стеарин Сало говяжье Церезин или воск Олеиновая кислота	68 14 14 2 2	Для полирования и глянцовки хромовых покрытий, закаленной стали, нержавеющей стали и др. твердых металлов и сплавов

Паста из венской извести должна храниться в герметически закрытом сосуде.

Крацевание. Крацеванием называется очистка поверхности изделий при помощи металлических щеток. Эта операция производится перед покрытием для удаления окислов, остатков жировых загрязнений (после обезжиривания) и травильного шлама. Крацевание используют также после покрытия для устранения различных дефектов, образовавшихся в результате электролиза и для уплотнения покрытий.

Крацевание производят на специальных станках вращающимися щетками из стальной проволоки толщиной 0,15—0,20 *мм* для твердых



Фиг. 7. Эскиз галтовочного барабана конструкции В/К «Металлохимзащита»:

1 — люки; *2* — кронштейн; *3* — стойки; *4* — корпус барабана; *5* — болт; *6* — электродвигатель; *7* — кулачковая муфта; *8* — червячный редуктор.

металлов (сталь, чугун, никель) и из латунной проволоки толщиной 0,07—0,15 *мм* для мягких металлов.

Крацевание производят обычно мокрым способом — с применением 3-процентного раствора поташа или 5-процентного раствора тринатрийфосфата, что облегчает работу щеток и улучшает качество отделки поверхности. Раствор поташа или тринатрийфосфата должен подаваться на щетку непрерывно падающими каплями из бачка, укрепленного над станком. При окончательной отделке изделия, покрытого цинком, оловом, свинцом, серебром или золотом, лучше употреблять чистую воду или же производить эту операцию сухим способом. В процессе крацевания щетка должна только слегка концами проволок касаться изделия и ни в коем случае не прижиматься к нему сильно.

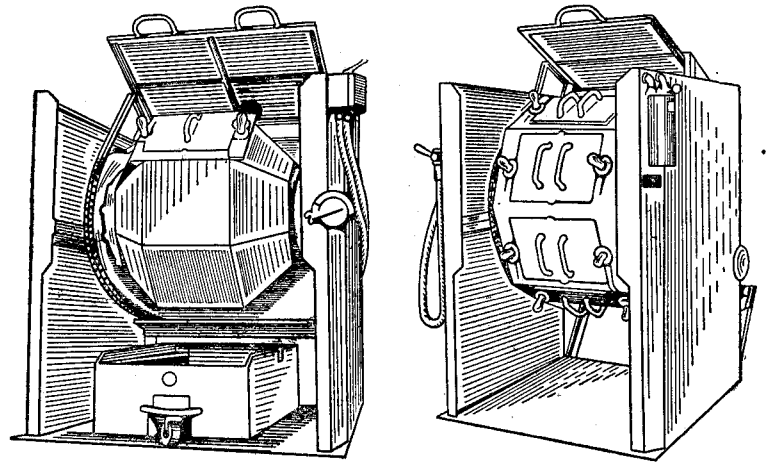
Обработка гальванических осадков щеткой является своеобразной контрольной операцией, показывающей, достаточно ли прочно сцепление осадка с основным металлом. Такая проверка особенно важна при работе по серебрению столовой посуды, когда толщина осадка достигает 25—45 *мк*. Обычно такое серебрение производится в 2—3 приема, так что изделие вынимается из ванны серебрения через каждые полтора-два часа с тем, чтобы крацеванием уплотнить осадок серебра.

Крацевальные станки представляют собой электродвигатели мощностью 0,25—0,1 *квт* с удлиненными (с резьбой) концами вала, на которые

устанавливаются крацевальные щетки. Над щетками устанавливаются бачки с кранами для подачи жидкости для смачивания обрабатываемых деталей. Число оборотов вала электродвигателя 1420—1450 об/мин.

Обработка в барабанах *. Для очистки поверхности мелких изделий и удаления грубых неровностей (заусениц) применяется галтовка — обработка во вращающихся барабанах (фиг. 7).

Галтовка изделий часто осуществляется с наждачным порошком или другим абразивным материалом, при наличии которого процесс очистки значительно ускоряется. Галтовка осуществляется также мокрым способом



Фиг. 8. Типы закрытых галтовочных барабанов.

со слабыми растворами кислот, щелочей или мыльной водой, в зависимости от применяемого абразива и характера обрабатываемого металла.

При наличии грубых абразивов применяются литые чугунные и сварные стальные барабаны (см. табл. 50); при мокрой обработке в кислых растворах применяются барабаны, имеющие соответствующую футеровку, а также деревянные барабаны (см. табл. 49).

Галтовка продолжается от двух часов до суток и более в зависимости от состояния поверхности обрабатываемого изделия. Обычно штампованные изделия обрабатываются в течение 2—8 час., отливки из латуни — 10—15 час., отливки из ковкого чугуна — 24—48 час., отливки из серого чугуна — 70—80 час. Изделия, имеющие наружную резьбу или острые грани, галтовке не подвергаются. Галтовочные барабаны закрытого типа приведены на фиг. 8.

Барабаны при галтовке мелких изделий вращаются со скоростью 10—25 об/мин., при галтовке грубых литых и штампованных изделий — от 25 до 50 об/мин.

* Подробно см. работы: В. И. Лайнер и Н. Т. Кудрявцев [4] и М. И. Бондаренко [14]

Полирование шариками. Полирование стальными шариками применяется как до гальванического покрытия, так и после него. Подлежащие полированию изделия помещают вместе со стальными шариками (диаметром 1—10 *мм*) и полировальной жидкостью в барабаны или колокола, которые вращаются со скоростью 15—45 об/мин. в продолжение от 20 мин. до 10 час.

Полируемые изделия и шарики, объем которых в два раза превышает объем изделий, загружают в барабан примерно на 80% его объема. Вращаясь вместе с изделиями, шарики сглаживают малейшие неровности их поверхности.

В качестве полировальной жидкости берется мыльная вода или слабые растворы поташа, двууглекислого натрия, аммиака и пр. Перед загрузкой в барабан изделия должны быть предварительно обезжирены, а в случае надобности и протравлены.

Продолжительность полирования стальными шариками можно определить практически для каждого вида изделий отдельно [14]. Ориентировочные данные (выработанные практикой) о продолжительности полирования мелких изделий стальными шариками приведены в табл. 48.

Таблица 48

Ориентировочные данные о продолжительности полирования

Материал изделия	Продолжительность обработки
Сталь	1 — 8 час.
Закаленная сталь	5 — 40 «
Медь и ее сплавы	1 — 4 »
Никель и его сплавы	3 — 6 »
Алюминий, цинк и мягкие металлы и сплавы	10 — 60 мин.
Изделия, покрытые электролитически осажденным металлом	5 — 30 »

Таблица 49

Характеристика деревянных однокамерных барабанов для полирования стальными шариками

Размеры барабана (в *мм*)		Наполнительные отверстия		Количество на одну загрузку			Число оборотов барабана в мин.	Потребная мощность двигателей в *квт*
Диаметр	Длина	Количество	Размер (в *мм*)	стальных шариков (в *кг*)	полирующей жидкости в *л*	изделий (в *кг*)		
200	250	1	70×200	20	5	5	50—60	0,2
200	800×1100	2	70×200	60	15	15	50—60	0,35
300	500	1	120×300	90	20	25	30—50	0,65
300	800×1100	2	120×300	130	30	40	30—50	0,9
400	500	1	120×300	150	35	40	20—40	1,3
400	800×1100	2	120×300	230	50	60	20—40	2,0

Таблица 50

Характеристика однокамерных стальных барабанов

Размеры барабана (в *мм*)		Наполнительные отверстия		Количество на одну загрузку			Число оборотов барабана в мин.	Необходимая мощность двигателя в *квт*
Диаметр	Длина	Количество	Размер (в *мм*)	стальных шариков (в *кг*)	полирующей жидкости в *л*	изделий (в *кг*)		
200	250	1	70×150	20	5	5	50—60	0,20
200	500	1	70×200	40	10	10	50—60	0,30
200	800	2	70×200	60	15	15	50—60	0,35
200	1100	2	70×200	80	20	20	50—60	0,45
300	500	1	120×300	90	20	25	30—50	0,65
300	800	2	120×300	130	30	40	30—50	0,90
300	1500	2	120×300	190	50	65	30—50	1,30
400	500	1	120×300	150	30	40	20—40	1,30
400	800	2	120×300	230	50	60	20—40	2,00

Для достижения хорошего качества полирования необходимо в процессе работы несколько раз сменять полировальную жидкость.

Если полирование изделий является операцией окончательной и изделия не поступают в гальванические ванны, то их промывают в кипящей воде и сушат.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ШЛИФОВАНИЯ И ПОЛИРОВАНИЯ [24]

Трудоемкость шлифования и полирования как основных видов механической обработки в цехах металлопокрытий составляет около 75% всей трудоемкости обработки деталей в этих цехах. Поэтому разрешение вопросов механизации и автоматизации процессов отделочного шлифования и полирования имеет весьма актуальное значение как для облегчения условий труда, так и для повышения его производительности.

На отечественных заводах сконструирован, изготовлен и внедрен ряд высокопроизводительных станков-полуавтоматов для шлифования и полирования деталей при производстве защитно-декоративных покрытий.

Приводим краткие сведения о некоторых станках-полуавтоматах, применяющихся в промышленности.

Для автоматической декоративной обработки колпаков ступиц автомобильных колес используется восьмипозиционный агрегатный станок с поворотным столом [24].

Принцип работы станка состоит в том, что колпаки устанавливаются на специальных шпиндельных головках, расположенных на индексирующем столе, причем в процессе обработки деталь автоматически зажимается и по окончании соответствующей операции освобождается.

Снятие отполированной детали и установка новой производятся на восьмой позиции, на семи позициях обрабатываемые детали автоматически закрепляются и вращаются на шпиндельной головке.

На фиг. 9. приведен шестишпиндельный полировальный полуавтомат, а на фиг. 10 — полировальный полуавтомат с круглым столом.

Однопозиционный станок для полирования оконных декоративных накладок представлен по фиг. 11.

Станок предназначен для механической обработки деталей, имеющих узкий фигурный профиль, полировальными кругами по заданному профилю за определенное количество проходов.

Станок состоит из станины *3*, шарнирной рамки *1*, привода приспособления *4*, механизма отключения *2*, кожуха *5*, полировальной головки *6*, приспособления *7*.

Полуавтомат для шлифования и полирования буферов представлен на фиг. 12 [24].

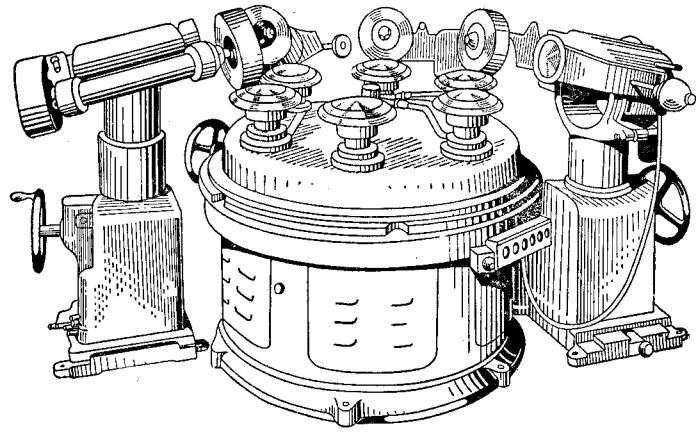
Полуавтомат состоит из станины *2*, поворотных люлек *1* и *4*, полировальных головок *5*, соединительного валика *3*.

Сравнительные показатели производительности при ручном и автоматическом шлифовании и полировании автомобильных деталей приведены в табл. 51.

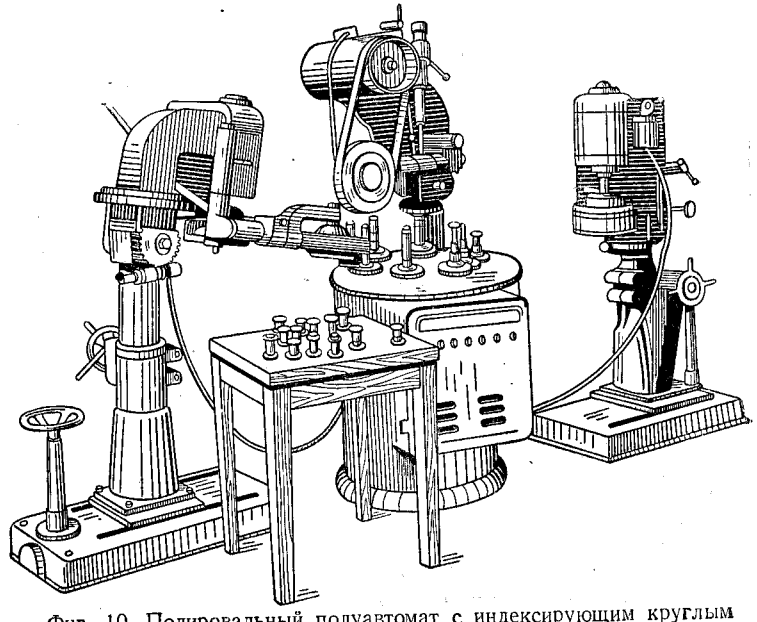
Таблица 51

Название детали	Характер обработки	Средняя часовая производительность в шт.		Увеличение производительности автоматически оборудованного станка в количество раз
		одношпиндельного станка при ручной обработке	автоматически оборудованного станка	
Колпаки	Шлифование	14,0	250	18,0
	Полирование	25,0	250	10,0
Декоративные накладки радиатора	Шлифование	10,0	125	12,5
	Полирование	40,0	125	3,0
Оконные декоративные накладки	Шлифование	15,0	40	3,0
	Полирование	25,0	40	1,5
Рамки	Шлифование	6,0	40	7,0
	Полирование	25,0	40	1,5
Клыки	Шлифование	4,5	40	9,0
	Полирование	25,0	40	1,5
Буферы	Шлифование	1,5	10	6,5
	Полирование	3,0	10	3,5

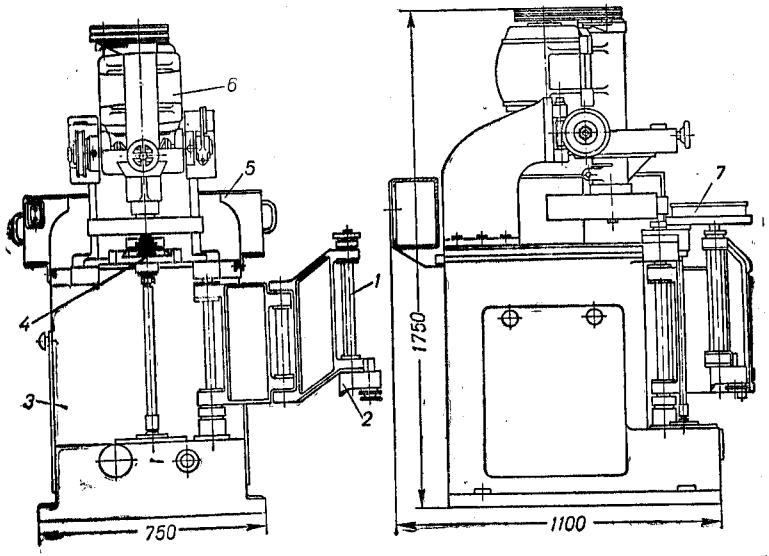
На фиг. 13 показан полуавтомат для шлифования и полирования деталей и изделий цилиндрической формы [23].



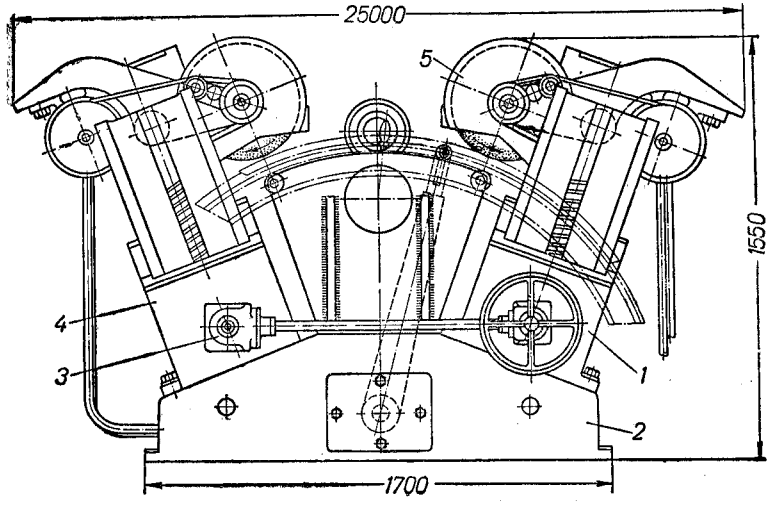
Фиг. 9. Шестишпиндельный полировальный полуавтомат.



Фиг. 10. Полировальный полуавтомат с индексирующим круглым столом.



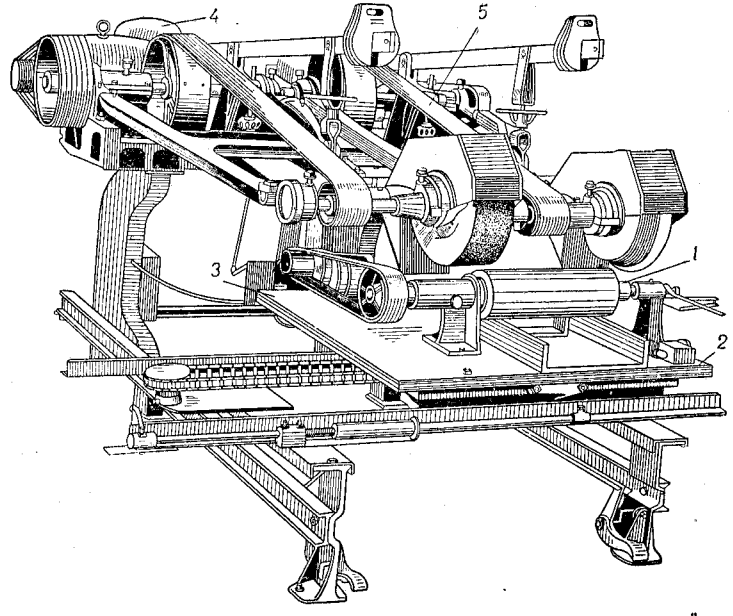
Фиг. 11. Однопозиционный станок для автоматического полирования оконных декоративных накладок.



Фиг. 12. Полуавтомат для полирования буферов.

Закрепленная деталь вращается со скоростью 165 об/мин. при помощи специального приспособления, соединенного с двигателем ременной передачей. Круг вращается со скоростью 2300 об/мин. Он приводится во вращение электродвигателем мощностью 6 *квт* при 1800 об/мин.

Тележка с укрепленными на ней деталями перемещается при помощи двигателя, соединенного с главным валом посредством шести трапецевид-



Фиг. 13. Полуавтомат для шлифования и полирования деталей цилиндрической формы:

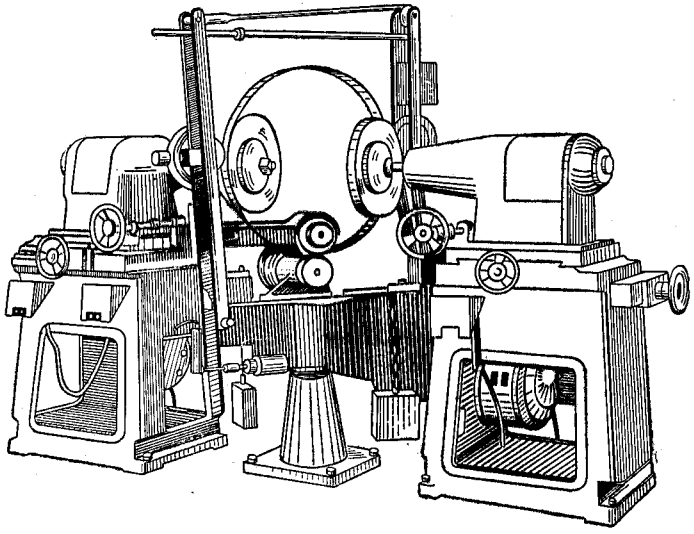
1 — обрабатываемая цилиндрическая деталь; *2* — тележка; *3* — ременная передача для вращения обрабатываемой детали; *4* — электродвигатель для вращения шпинделя; *5* — ременная передача для вращения шпинделя шлифовально-полировальных кругов.

ных ремней, натяжение которых можно регулировать специальным кронштейном двигателя.

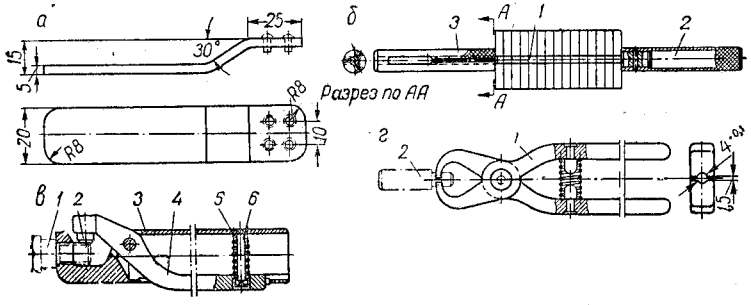
Шпиндели, монтируемые на больших защищенных от пыли шарикоподшипниках, позволяют производить шлифование и полирование деталей различной длины.

На фиг. 14 представлен полуавтомат для полирования велосипедных ободьев.

Приспособления для шлифования. Для одновременного шлифования нескольких деталей следует применять многоместные приспособления, которые способствуют значительному повышению производительности труда и предохраняют руки рабочего от травм. Поэтому рабочее место станочника должно быть обеспечено приспособлениями, удобными для



Фиг. 14. Полуавтомат для полирования внутренней поверхности велосипедных ободьев.



Фиг. 15. Приспособления для шлифования:

а — оправка для одновременного шлифования и полирования нескольких деталей (заклепок, винтов и т. п.); *б* — приспособление для одновременного шлифования и полирования нескольких деталей, имеющих форму колец: *1* — стержень для установки деталей; *2* — основная рукоятка; *3* — съемная рукоятка; *в* — приспособление для обработки болтов и других подобных деталей: *1* — обрабатываемая деталь; *2* — прижимная пятка рычага; *3* — корпус; *4* — рычаг; *5* — прижим; *6* — винт; *г* — приспособление типа клещей для шлифования и полирования: *1* — приспособление; *2* — обрабатываемая деталь.

пользования и имеющими небольшой вес. Тяжелые и громоздкие приспособления утомляют рабочего и понижают производительность [11].

Конструкция приспособлений должна удовлетворять требованиям техники безопасности. Установка и съем деталей должны занимать минимальное время, расположение деталей должно быть таково, чтобы устранялась возможность порчи деталей (особенно граней) и обеспечивалась быстрота обработки. При конструировании приспособлений (фиг. 15) широко должна быть использована рационализаторская мысль и инициатива новаторов.

Пескоструйная очистка. Изделия из стали и чугуна, не требующие перед гальваническими покрытиями предварительного шлифования, могут подвергаться пескоструйной очистке. Эта операция заключается в том, что на сухую поверхность изделий направляется струя сухого песка, выходящего из пескоструйного аппарата вместе со сжатым воздухом. Пескоструйная очистка является лучшим способом подготовки поверхности перед нанесением защитных покрытий.

Величина зерен песка и давление сжатого воздуха при пескоструйной обработке выбирается согласно табл. 52.

Таблица 52

Величина зерен песка и давление воздуха при пескоструйной обработке

Характеристика изделий	Рабочее давление воздуха в *ат*	Размер зерен песка в *мм*
Крупные изделия толщиной более 3 *мм*	2,0—4,0	2,5 —3,5
Среднее машинное литье и материалы в листах толщиной до 3 *мм*	1,0—1,5	1,0 —2,0
Тонкостенные и мелкие изделия	0,5—1,0	0,5 —1,0
Тонкий листовой материал (до 1 *мм*) и резьбовые изделия	0,3—0,5	0,05—0,15

Средний расход песка на одно сопло диаметром 8 *мм* при давлении 3 *ат* равен 260 *кг/час*; 90% этого количества может быть использовано повторно. Пескоструйный аппарат с вращающимся столом показан на фиг. 16.

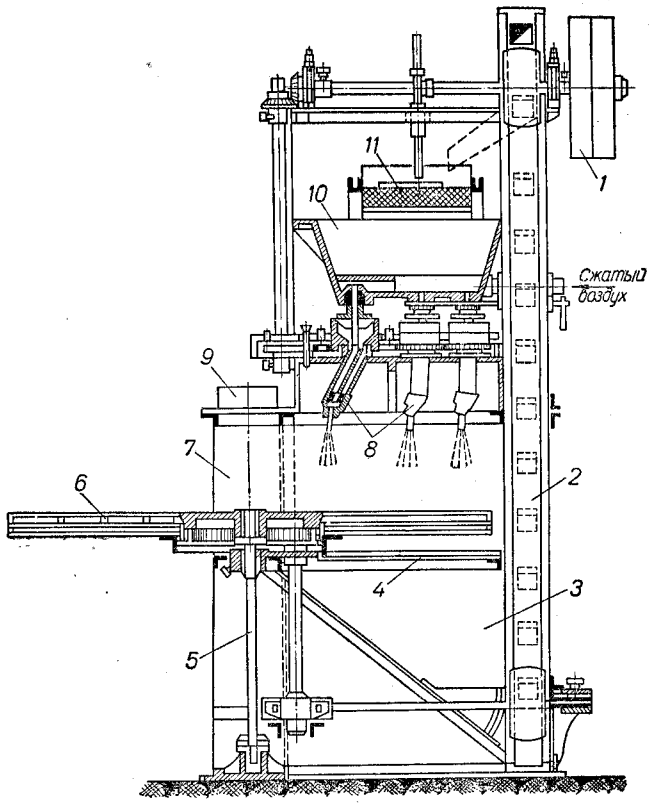
Техническая характеристика пескоструйных аппаратов дана в табл. 53.

После пескоструйной очистки изделия тщательно очищаются сжатым воздухом, а иногда и горячей водой от остатков песка и пыли. Детали, поступающие на гальванические покрытия, кроме того, обезжириваются, подвергаются травлению или декапированию и промывке.

Основным недостатком процесса пескоструйной очистки является выделение мельчайшей пыли во время работы установки, вредно влияющей на здоровье рабочих и на состояние оборудования.

В последнее время в отечественной промышленности находит все большее применение так называемая жидкостно-абразивная обработка металлов [26].

Жидкостно-абразивная обработка, обладающая положительными качествами пескоструйной очистки, свободна от ее недостатков. Она более экономична (отпадает процесс сушки песка и уменьшается его расход), совершенно не дает пыли, что коренным образом улучшает условия труда



Фиг. 16. Пескоструйный аппарат с вращающимся столом:

1 — шкив; *2* — элеватор; *3* — бункер; *4* — сито; *5* — ось; *6* — стол; *7* — занавеска; *8* — сопло; *9* — патрубок; *10* — бункер; *11* — сито. Диаметр стола 230 *мм*; число оборотов стола 0,44 или 0,88 в мин.; число сопел 3; диаметр сопел 6—8 *мм*, мощность электродвигателя 22 *квт*; расход воздуха при давлении 1,75 — 2 *ат* 6—8 *м³/мин*; расход песка 100 *кг* на 1 *т*; производительность машины 1 — 1,5 *т/час*; вес аппарата 3 — 7 *т*.

для рабочих и дает возможность помещать подобного рода установки в общей линии станочного оборудования.

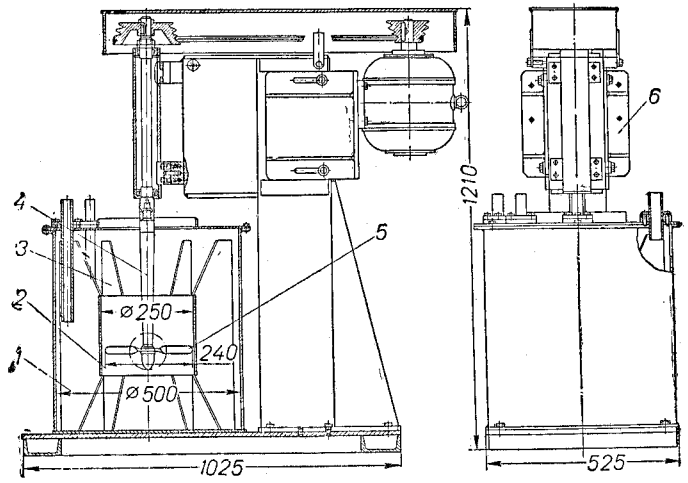
Помимо этого, она может быть использована также и для полирования металлов, при применении соответствующих абразивно-полирующих веществ (абразивной пыли, окиси железа и т. д.).

Таблица 53

Техническая характеристика пескоструйных аппаратов

Показатели	ПА-60	ПА-140
Высота в *мм*	1250	1350
Диаметр в *мм*	600	600
Толщина стенки кожуха в *мм*	5	5
» конического днища в *мм*	6	6
Объем в *л*	150	150
Расход воздуха в *м³/час*	60	140
Рабочее давление в *ат*	3	6
Диаметр сита (9 *отв/см²*) в *мм*	500	500
Общий вес в *кг*	87	110

Сущность жидкостно-абразивной обработки заключается в том, что струя жидкости, содержащая в себе абразивный или полирующий мате-



Фиг. 17. Общий вид механизма взвешивания абразива:

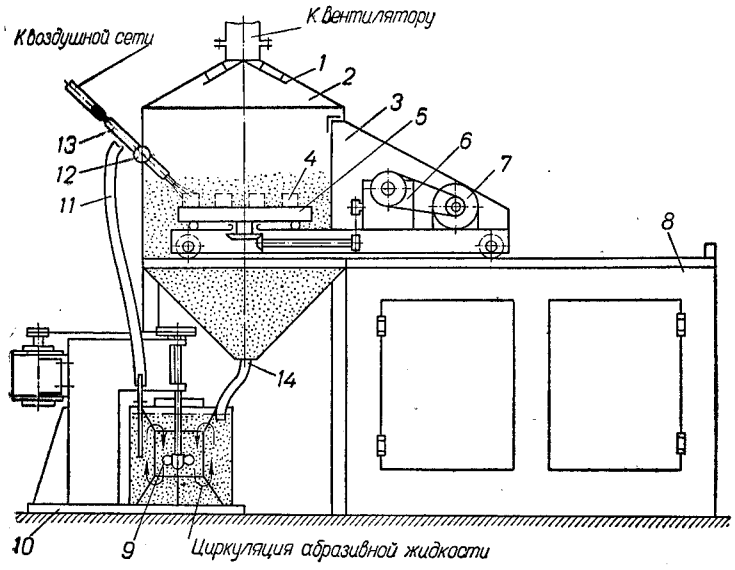
1 — резервуар механизма взвешивания абразива; *2* — труба для циркуляции абразивной смеси; *3* — ребро; *4* — колонка; *5* — гребной винт для создания циркуляции абразивной смеси; *6* — электродвигатель.

риал, давлением воды или сжатого воздуха с большой скоростью выбрасывается на обрабатываемые детали.

Жидкостно-абразивная обработка применяется для очистки литья, поковок и проката от пригаров, ржавчины, окалины и других поверхностных дефектов, для придания очищенным изделиям естественного

металлического цвета; как способ полирования крупных профилированных изделий, например, лопаток турбин, гребных винтов и других деталей и изделий для подготовки к гальваническим покрытиям.

Способом жидкостно-абразивного полирования можно получить чистоту поверхности 8-го класса (по ГОСТ 2789-51) и выше, в зависимости от исходной чистоты поверхности.



Фиг. 18. Общий вид установки жидкостно-абразивной обработки металлов:

1 — отражатель; *2* — камеры; *3* — тележка; *4* — обрабатываемые изделия; *5* — стол; *6* — редуктор; *7* — электродвигатель; *8* — подставка; *9* — гребной винт; *10* — станина; *11* — шланг для подачи жидкости в резервуар; *12* — шаровая опора; *13* — форсунка, *14* — шланг для выхода жидкости из резервуара.

В качестве абразивного материала могут быть применены стандартные и нестандартные абразивные зерна, размол гранита и других твердых пород, а также кварцевый песок, обычно применяемый для пескоструйной очистки. Зернистость абразива зависит от цели применения (очистки, снятия заусениц, полирования и т. д.).

Установка для жидкостно-абразивной обработки металлов состоит из механизма взвешивания абразива (фиг. 17) и следующих основных элементов (фиг. 18): камеры *2*, тележки *3*, подставки *8*.

Обрабатываемые изделия *4* помещаются на столе *5*, после чего тележка *3* вкатывается в камеру *2*.

Под действием сжатого воздуха форсунки *13* засасывают абразивную жидкость посредством шланга *11* из механизма взвешивания абразива и выбрасывают на обрабатываемые изделия.

Стол получает движение от электродвигателя *7* через редуктор *6*. Гребной винт *9*, вращаясь беспрерывно, держит абразив во взвешенном состоянии.

Техническая характеристика жидкостно-абразивной установки следующая:

Часовая производительность на очистке цветного литья, свободного от шишечной земли, в *кг*	250—300
То же чугунного и стального литья в *кг*	200—300
Максимальный вес отливки в *кг*	200
Максимальный размер отливки в *мм*	800×800×800
Количество электродвигателей	2
Мощность электродвигателей в *квт*	1 + 1 = 2
Необходимое давление воздуха в *кг/см²*, не ниже	3,5
Количество форсунок	10
Расход воздуха одной форсункой в *м³/мин*	15
Емкость резервуара для абразивной жидкости в *л*	100
Заправка резервуара в *л*:	
песка	30
эмульсии	75
Вес установки в *кг*	2060
Габарит установки в *мм*:	
ширина	1500
длина	3700
высота над уровнем пола	2200
» ниже уровня пола	1110

ХИМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ИЗДЕЛИЙ И ДЕТАЛЕЙ К ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЯМ

К химическим и электрохимическим способам подготовки относятся: обезжиривание, травление, декапирование и электрохимическое полирование до и после покрытия.

Назначение химической и электрохимической подготовки поверхности металла перед покрытием заключается в том, чтобы освободить поверхность изделий (деталей) от находящихся на ней жировых и других загрязнений (обезжиривание), удалить с них ржавчину, окалину и окислы (травление и декапирование) и в некоторых случаях придать поверхности металла определенную гладкость и блеск (электрохимическое полирование).

Обезжиривание осуществляется химическим и электрохимическим способами.

Для предварительной очистки изделий из стали и цветных металлов, сильно загрязненных смазкой, жирами, а также полировальной пастой, применяется обезжиривание органическими растворителями в специальных ваннах и аппаратах. При этом необходимо соблюдать соответствующие правила предосторожности.

В качестве растворителей применяются бензин, керосин, бензол, трихлорэтилен, дихлорэтан и др.

Изделия после промывки органическими растворителями подвергаются сушке сухим сжатым воздухом или в древесных опилках и поступают либо на химическое, либо на электрохимическое обезжиривание.

Химическое обезжиривание в зависимости от конфигурации изделий производится вручную — протиркой поверхности изделий раствором (кашицей) гашеной извести (что не является производительным) или кипячением их в обезжиривающих растворах едких и углекислых щелочей, способных разрушать, омылять и эмульгировать жиры и смазочные минеральные масла.

Составы щелочных растворов для химического обезжиривания приведены в табл. 54.

Таблица 54

Составы щелочных растворов для химического обезжиривания

Составы ванн в *г/л*	Для стальных изделий, сильно загрязненных жирами	Для стальных изделий, мало загрязненных жирами	Для изделий из меди и ее сплавов	Для изделий из алюминия
Едкий натрий	100—150	10—15	—	—
Сода кальцинированная	40—50	30—40	—	15—20
Тринатрийфосфат	—	50—70	100	25—30
Растворимое стекло	3—5	2—3	10—20	—
Мыло	—	—	—	1—3

Растворы для обезжиривания нагревают до температуры 75—98°, при возможности следует применять температуру кипения, при которой омыление и процесс эмульгирования проходит более интенсивно.

Продолжительность обезжиривания зависит от степени загрязнения изделий и обычно составляет 15—60 мин.

После обезжиривания необходимо тщательно отмывать с поверхности изделий следы щелочи в горячей воде, а затем в холодной проточной воде. В последнее время на крупных предприятиях применяются специальные моечные машины, где поверхность изделий обрабатывается струями горячего щелочного раствора под давлением.

Электрохимическое обезжиривание. Преимущество электрохимического обезжиривания перед химическим заключается в полноте и скорости обезжиривания.

При электрохимическом обезжиривании детали завешиваются в ванну с щелочными электролитами на катодную штангу, где подвергаются воздействию пузырьков водорода, бурно выделяющегося на поверхности деталей и механически срывающего с нее жировую пленку.

Во избежание осложнений, связанных с наводораживанием металла, следует обезжиривание вести сначала на катоде (5—8 мин.), а под конец процесса при помощи перекидного рубильника переключать детали на анод и обрабатывать их анодным током в течение 1—2 мин. Для обезжиривания тонкостенных и закаленных деталей, а также различного рода пружин применяют только анодное обезжиривание, не вызывающее изменения механических свойств металла.

Составы электролитов приведены в табл. 55.

Таблица 55

Составы растворов для электролитического обезжиривания

Составы ванн в *г/л*	Для стальных деталей, сильно загрязненных жирами	Для стальных деталей, прошедших химическое обезжиривание	Для деталей из алюминия, цинковых сплавов	Для деталей из меди и ее сплавов
Едкий натрий	30—60	—	—	—
Сода кальцинированная	40—60	20—30	5—10	5—10
Тринатрийфосфат	5—10	30—50	20—30	—
Растворимое стекло	3—5	2—3	—	—
Мыло	—	—	1—3	—
Углекислый калий (поташ)	—	—	—	20—30
Цианистый калий (натрий)	—	—	—	2—3

Режим обработки: плотность тока $D_к = 3—8$ *а/дм²*; напряжение 6—10 *в*; температура 60—75°; продолжительность процесса 5—10 мин.

В качестве электродов применяются стальные пластины, покрытые слоем никеля толщиной 15—20 *мк*.

Завешивание изделий в ванну электрохимического обезжиривания производится в тех же приспособлениях (рамках, подвесках), в которых происходит последующее покрытие в гальванических ваннах. Мелкие детали обезжириваются в стальных сетчатых корзинках, которые необходимо периодически встряхивать.

Внешним признаком удовлетворительного обезжиривания является хорошая смачиваемость поверхности обезжиренного изделия водой. В том случае, если при промывке вода скатывается и не пристает к поверхности изделия, операцию обезжиривания необходимо повторить.

Следует учитывать, что при наличии изделий сложной формы их приходится для окончательной очистки после электрохимического обезжиривания дополнительно обезжиривать вручную при помощи кашицы из гашеной извести (особенно при износоустойчивом хромировании).

После обезжиривания изделия промывают сначала в горячей, а затем в холодной воде для удаления с них щелочного раствора.

Декапирование. Хорошее сцепление между основным металлом и покрытием может быть достигнуто только после удаления следов окислов с поверхности изделия и выявления структуры основного металла. Это достигается применением декапирования, которое производят путем погружения в слабые растворы (3—5-процентный) серной или соляной кислот для изделий из черных металлов. Изделия из цветных металлов и сплавов декапируют, если они поступают на гальваническое покрытие в кислых ваннах в растворе, содержащем 3% азотной кислоты и 2% серной кислоты. При поступлении же изделий на покрытие в цианистые электролиты (золочение, серебрение и др.) декапирование производится в 3—5-процентном растворе цианистого натрия или калия.

Процесс декапирования продолжается от 0,5 до 2 мин., после чего изделия тщательно промывают в проточной воде. Для предварительной

обработки поверхности изделий из стали перед покрытием, с целью обеспечения более прочного приставания гальванически осажденного металла, применяется анодное декапирование [9]. Травильный раствор состоит из концентрированной серной кислоты (уд. вес 1,6—1,7) с добавлением 20 *г/л* хромпика. Анодная обработка ведется при напряжении от 6 до 12 *в*, в качестве катода завешивается свинцовая пластина.

Травление Удаление окислов (окалины и ржавчины) с поверхности металла путем химической или электрохимической обработки в растворах кислот, кислых солей или щелочей называется травлением.

Химическое травление черных металлов. Травление черных металлов в настоящее время производят почти исключительно водными растворами серной и соляной кислот или их смесями. Кислоты, действуя на окислы, покрывающие металл, растворяют их с образованием солей железа. Окислы не представляют собой сплошной пленки на поверхности железа. Одновременно с окислами частично растворяется также и металлическое железо с образованием солей железа и выделением водорода. Выделяющийся водород действует механически, разрыхляя пленку окислов железа, отрывая ее от поверхности металла, что способствует ускорению процесса. Водород также проникает (диффундирует) в металл, поглощается его поверхностью и, изменяя механические свойства, вызывает так называемую травильную хрупкость.

В соляной кислоте растворение окислов протекает интенсивнее, чем в серной; последняя хорошо растворяет преимущественно металлическое железо, а окись — слабо.

Однако благодаря тому, что при травлении в серной кислоте выделяется больше водорода, способствующего удалению окислов, применение серной кислоты является более экономичным, тем более, что стоимость ее ниже стоимости соляной кислоты. Соляная кислота глубже проникает в поры металла, поэтому ее труднее вымывать и нейтрализовать, а в дальнейшем следы соляной кислоты могут быть причиной коррозии.

В качестве добавок к травильным растворам из серной и соляной кислот для травления черных металлов применяется иногда плавиковая, фосфорная и азотная кислоты в количестве от 5 до 25%; в этом случае травление производится при комнатной температуре.

Составы травильных растворов для химического травления черных металлов приведены в табл. 56.

Регуляторы травления. Снятие окислов (окалины и ржавчины) при травлении сопровождается растворением металлического железа и выделением водорода. Это вызывает перетравливание и разрушение самого металла или возникновение хрупкости и ломкости изделий вследствие насыщения поверхности металла значительным количеством водорода. Для защиты металла от травильной хрупкости и предохранения от перетравливания, а также с целью экономии кислот в травильный раствор добавляют так называемые травильные присадки или замедлители травления (ингибиторы) в количестве от 0,1 до 2%.

Действие присадок заключается в обволакивании поверхности очищенного от окислов металла коллоидной пленкой, предохраняющей металл от перетравливания и снижающей поглощение водорода поверхностью металла, что уменьшает его «водородную хрупкость» и приводит к значительному снижению расхода кислоты. Широкое распространение получили присадки: «КС» и сульфошлям, приготовляемые из отходов животного происхождения; Ж-1, приготовляемый из отходов конопляных жмыхов, присадки Чумакова, Красуцкого и др.

Таблица 56

Состав травильных растворов для травления черных металлов

Наименование химикатов и режим работы	Содержание в *г/л*						Назначение травильных растворов
	№ растворов						
	1	2	3	4	5	6	
Серная кислота (уд. вес 1,84)	75	—	100	230	—	125	Растворы 1, 2 и 3 предназначаются для травления углеродистой нелегированной стали; раствор 4 — для предварительного и 5 — для окончательного травления нержавеющей стали; раствор 6 — для низкоуглеродистой стали. Растворы 1, 2 и 3 могут применяться для травления чугуна с добавкой 25 — 30 *г/л* плавиковой кислоты
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	125	125	—	270	450	—	
Азотная кислота (уд. вес 1,4)	—	—	—	—	50	—	
Хлористый натрий	—	—	—	—	—	225	
Присадка «КС»	3	3	—	3	3	4	
Температура раствора в °С	30—40	30—40	40—60	40—50	50	50—60	
Продолжительность в мин.	До удаления окислов			60	3—5	До удаления окислов	

В табл. 57 приводятся характеристики некоторых травильных присадок.

Таблица 57

Наименование присадки	Расход на 1 $м^3$ травильного раствора за один день в *кг*	Допустимая температура в °С	Срок действия (в сутках)	Экономия кислоты в %	Снижение угара металла в %
Чумакова	21	45	4—5	25	25
Красуцкого	21	40—45	1	25	25
«КС»	2,6	60	3—4	20—30	20—30
Ж-1	1,5	60	5	20—30	20—30
Сульфошлям	8	67—70	5—7	25—35	25—35

В последнее время в СССР разработаны и внедрены в промышленность новые типы присадок под названием «ЧМ», «Уникол» марки МН, МН-2, МН-3 в виде таблеток и МН-10 в виде жидкости [22].

Присадка «ЧМ» применяется для травления черных металлов (чугуна, нелегированных и малолегированных сталей) в растворах серной кислоты при любых, употребляющихся в травильных цехах концентрациях и температурах. При травлении на поверхности травильной жидкости образуется пена, предохраняющая атмосферу цеха от травильного тумана.

В табл. 58 и 59 приведены составы травильных растворов с травильной присадкой «МН» для серной и соляной кислот с характеристикой применения.

Таблица 58

Составы травильных растворов серной кислоты с присадкой «МН»

Характер очищаемых изделий	Количество воды в *л*	Количество технической серной кислоты (уд. вес 1,84) в *л*	Количество присадки «МН» в *кг*
Детали, сильно пораженные ржавчиной и не имеющие полированных поверхностей	850	150	2
Детали, не сильно пораженные ржавчиной и имеющие полированную поверхность	900	100	5
Детали, не сильно пораженные ржавчиной, с полировкой высокого качества при требовании очень строгого сохранения их размеров и полировки	950	50	20

Таблица 59

Составы травильных растворов соляной кислоты с присадкой «МН»

Характер очищаемых изделий	Количество воды в *л*	Количество соляной кислоты (уд. вес 1,19) в *л*	Количество присадки «МН» в *кг*
Детали, сильно пораженные ржавчиной и не имеющие полированных поверхностей	750	250	2
Детали, не сильно пораженные ржавчиной и имеющие полированную поверхность	800	200	5
Детали, не сильно пораженные ржавчиной и с полировкой высокого качества	900	100	20

Для травления стальных деталей без изменения их размеров и одновременного пассивирования поверхности рекомендуется применять следующий травильный раствор:

хромовый ангидрид . . . . . 250 *г/л*
фосфорная кислота . . . . . 60 »

Травление производится при температуре 90—95° в течение 5—90 мин., в зависимости от коррозионного состояния поверхности деталей.

Травление меди и ее сплавов. Травление цветных металлов и их сплавов преследует две основные цели: травление как окончательная отделка поверхности и придание ей блеска с последующим лакированием и травление с целью подготовки под гальванические покрытия.

Наиболее часто подвергают травлению медь и ее сплавы, бронзу, латунь, мельхиор и др., причем применяется обычно азотная кислота в смеси с серной и соляной. Травление чаще всего производится в два приема: предварительное и окончательное (глянцевое).

Составы растворов, применяемые для травления.

1. Для предварительного травления:

азотная кислота (уд. вес 1,4) . . . . . 1 *л*
серная кислота (уд. вес 1,84) . . . . . 1 »
хлористый натрий (соль поваренная) . . 1—2 *г*

Время обработки в этом растворе 3—5 сек.

При приготовлении смесей нужно сначала налить в сосуд азотную кислоту, а затем постепенно прибавлять к ней серную кислоту и нагревающуюся смесь все время охлаждать.

Перед травлением детали необходимо обезжирить, промыть и обязательно высушить, чтобы не разбавлять травильных смесей, иначе травление будет происходить слишком быстро и неравномерно.

2. Для окончательного травления и получения глянцевой поверхности применяется такой раствор:

азотная кислота (уд. вес 1,4)	1 *л*
серная кислота (уд. вес 1,84)	1 »
соляная кислота (уд. вес 1,19)	20 *мл*
сажа голландская	3—5 *г*

В эту смесь изделия погружаются на 2—3 сек. и затем немедленно тщательно промываются в большом количестве воды, после чего высушиваются или поступают в ванну гальванического покрытия или лакирования.

Для травления с получением полублестящей поверхности можно применять такие растворы:

1. хромпик	50 *г/л*
серная кислота	10 »
2. хромовый ангидрид	200 »
серная кислота	50 »

Температура растворов 15—25°, время обработки 5—10 мин.

Добавление в раствор для блестящего травления 1—2 *г/л* сернокислого цинка способствует получению матовой поверхности.

Матовая поверхность получается при погружении изделий в ванну глянцевого травления, к которой добавлен цинковый купорос в количестве 1—1,5 *г* на 1 *л* травильного раствора.

Травление цинка, олова и свинца производят в 5-процентном растворе серной кислоты с последующей промывкой и очисткой поверхности изделий песком или щеткой на крацевальном станке.

Травление алюминия и алюминиевых сплавов производят в 10—20-процентном растворе едкого натрия или калия с добавкой 30 *г/л* хлористого натрия [1].

Для осветления поверхности алюминий после травления в едкой щелочи и промывки в холодной проточной воде погружают на несколько секунд в концентрированную азотную кислоту или раствор, содержащий в 1 *л* воды 100 *г* хромового ангидрида и 20 *г* серной кислоты (уд. веса 1,84) при температуре 18—25°.

Для удаления окалины с алюминиевой бронзы применяют 20-процентный раствор серной кислоты при температуре 70°.

Электрон и другие магниевые сплавы можно травить в растворе следующего состава:

азотная кислота (уд. вес 1,38)	1000 *см*³
хромпик	350 *г*
вода	1000 *см*³

Температура комнатная; время травления 10—45 сек. Раствор корректируется добавками азотной кислоты. Для получения блестящей поверхности изделия погружают в 10—17-процентный раствор азотной кислоты.

Электрохимическое травление. Электрохимическое травление производится в растворах серной кислоты с добавлением соляной кислоты, хлористого натрия, сернокислого или хлористого железа под действием

постоянного электрического тока низкого напряжения как на аноде, так и на катоде.

При катодном травлении удаление окислов происходит за счет бурно выделяющегося на изделиях водорода.

Процесс катодного травления исключает опасность перетравливания металла, но при этом выделяющийся на изделиях водород частично проникает в поверхность металла и делает его хрупким.

В практике часто применяют комбинированный способ электрохимического травления. Изделия вначале завешивают в качестве катода, затем, изменяя направление тока путем переключения перекидного рубильника, включают изделия на короткое время на анод.

В качестве анодов при электрохимическом травлении применяют пластины из свинца, который в травильном растворе практически не растворяется. Применение электрохимического травления характеризуется увеличением скорости травления и меньшим расходом кислоты по сравнению с химическим травлением.

В табл. 60 приводятся составы и режимы работы электролитов для анодного электрохимического травления черных металлов.

Таблица 60

Наименование химикатов и режим работы	Содержание в *г/л*					Назначение электролитов
	№ электролитов					
	1	2	3	4	5	
Серная кислота (уд. вес 1,84)	15	250	150	10	—	Для анодного травления железных и стальных изделий с несложной геометрической формой. При травлении проволоки и ленты при непрерывном прохождении через электролит в развернутом виде применяются повышенные плотности тока 50—300 *а/дм*²
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	—	—	—	—	10	
Хлористый натрий	40	—	50	50	50	
Сернокислое железо	250	—	—	150	—	
Хлористое железо	—	—	—	—	150	
Температура электролита	18—25	40—60	40—60	40—60	20—40	
Плотность тока в *а/дм*²	5—10	5—10	5—10	5—10	5—10	
Время травления	15—25	10—30	10—20	15—35	8—15	

Наибольшее распространение имеет катодный способ электрохимического травления, заключающийся в том, что на изделиях, включаемых в процессе электрохимического травления в качестве катодов, осаждается тонкий слой свинца. Этот слой предохраняет изделия от перетравливания,

служит показателем качества очистки поверхности (так как при наличии окислов осаждения свинца на ней не происходит) и препятствует проникновению водорода внутрь изделий, не давая возможности металлу наводораживаться. Так как этот слой свинца очень непрочно связан с поверхностью изделий и не может служить в качестве подслоя, перед покрытием его удаляют, завешивая изделия на анод в щелочную ванну, содержащую повышенное количество едкого натрия.

Травление производят в электролите следующего состава:

серная кислота (уд. вес 1,84)	50 *г*
соляная кислота	30 »
хлористый натрий	22 »
вода	1 *л*

при плотности тока 7,5—10 *а/дм*², температуре 50—70°, напряжении 5—8 *в*, в течение 3—10 мин. Анодами служат прутки из кремнистого чугуна, который в данном электролите вполне устойчив, и свинцовые полоски, поверхность которых составляет 1—2% по отношению к поверхности чугунных анодов.

После промывки в холодной воде изделия для снятия свинца загружают в качестве анодов в щелочную ванну следующего состава:

едкий натрий	85 *г*
фосфорнокислый натрий	30 »
вода	1 *л*

Электролиз ведут при плотности тока 5—8 *а/дм*², температуре 60—80°, в течение 2—3 мин. со стальными пластинами в качестве катодов. После снятия свинца изделия промывают в горячей (50—60°) воде.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Анодная обработка металлов в специальных электролитах с получением гладкой блестящей поверхности является одним из лучших способов подготовки изделий к гальваническим покрытиям, обеспечивающих высокую прочность сцепления покрытия с полированной поверхностью, и называется электрохимическим полированием. Электрохимическое полирование применяется также и в ряде специальных случаев: для заточки режущих инструментов, изготовления микрошлифов и т. д.

При электрохимическом полировании поверхность металла сглаживается и на ней, в результате преимущественного растворения выступающих участков, появляется блеск. Электрохимическое полирование стальных изделий производится после соответствующей механической подготовки и обезжиривания в электролитах, состав которых приведен в табл. 61.

Катоды из рольного свинца или кислотоупорной стали. Рабочая поверхность их должна быть в шесть — восемь раз больше поверхности анода [5].

Приготовление электролита производится в следующей последовательности: в рассчитанном количестве (дистиллированной или хорошо прокипяченной) воды растворяют хромовый ангидрид. После этого в раствор хромового ангидрида приливают постепенно (при перемешивании) фосфорную кислоту, а затем, не допуская сильного нагрева раствора,— серную кислоту.

Полученный раствор прогревают при температуре 115—120° до получения указанного в таблице удельного веса.

Таблица 61

Состав электролитов для электрополирования и режим работы

Наименование химикатов и режим работы	Концентрация в весовых процентах	
	Для углеродистых марок стали	Для высоколегированных и нержавеющих марок стали
Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	65	40
Серная кислота (уд. вес 1,84)	15	40
Хромовый ангидрид	6	3
Вода	14	17
Уд. вес электролита	1,74	1,65
Анодная плотность тока *а/дм*²	40—80	40—80
Рабочая температура	80—90°	80—90°
Время полирования в мин.	5—10	5—10

При беспрерывной эксплуатации ванны в течение рабочего дня необходимо перед началом работы разбавлять ее водой. После добавления воды электролит тщательно перемешивают и прогревают в течение 30—40 мин. при температуре 100—120°.

Контроль электролитов* для поддержания требуемого состава ванны сводится к регулярному проведению анализов электролита и корректированию содержания шестивалентного и трехвалентного хрома, серной и фосфорной кислот и воды.

Электрохимическое полирование меди, ее сплавов и медных покрытий производится в электролите следующего состава [3]:

ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6)	1200 *г*
хромовый ангидрид	120 »
удельный вес готового электролита	1,6—1,61

Температура 20—30°; анодная плотность тока 35—50 *а/дм*²; время полирования 0,5—2 мин.

В качестве катодов применяется листовая медь.

Электрохимическое полирование никелевых покрытий производится в электролите следующего состава:

серная кислота (уд. вес 1,84)	1200 *г/л*
ортофосфорная кислота (уд. вес 1,5)	120—150 *г/л*
лимонная кислота	15—20 *г/л*
удельный вес электролита	1,65 *г/л*

Анодная плотность тока 30—50 *а/дм*²; время полирования 20—30 сек.; катод — рольный свинец, анод — деталь.

* Подробно см. в работе Л. Я. Богорад и др. [5].

Уменьшение слоя никеля при полировании составляет 3—4 *мк* за 40 сек.

Никелированные детали после полирования приобретают блестящую поверхность, обладающую хорошей отражательной способностью. Недостатком полирования является невозможность скрыть дефекты как основного металла, так и покрытия.

Для получения надежного сцепления гальванических покрытий с основным металлом электрополированные детали подвергают химической обработке путем кратковременного погружения их в 5-процентный раствор соляной кислоты.

Эта операция активирования электрополированной поверхности деталей является обязательной в случае последующего покрытия их гальваническими осадками. С помощью электрополирования можно получить исключительно прочное сцепление покрытий с основным металлом.

Глава четвертая

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

МЕДНЕНИЕ

Медь — ковкий, достаточно мягкий и легко полирующийся металл характерного красного цвета. Удельный вес — 8,91. Атомный вес — 63,57. Температура плавления — 1083°. Обладает высокой электропроводностью. Электрохимический эквивалент одновалентной меди равен 2,372 *г/а-час*, двувалентной — 1,186 *г/а-час*. Свежеосажденный слой меди имеет красивый розовый цвет, быстро тускнеющий и окисляющийся на воздухе, присутствие сернистого газа вызывает усиленную коррозию.

Медь устойчива в соляной кислоте и весьма неустойчива в азотной и хромовой кислотах, а также в серной кислоте при нагревании. Активно реагирует с органическими кислотами. Со щелочами (кроме аммиака) почти не взаимодействует.

Меднение применяется как подслой при покрытии никелем, хромом, серебром и золотом; для местной защиты стальных деталей от цементации; для покрытия стальной проволоки и ленты с целью повышения электропроводности, а также при изготовлении электрической осветительной арматуры с последующим оксидированием и лакированием.

Меднение осуществляется из цианистых и кислых электролитов. Кислые электролиты просты по составу, позволяют пользоваться более высокими плотностями тока, по сравнению с цианистыми электролитами. Они имеют незначительную рассеивающую способность и не дают возможности непосредственно меднить изделия из черных металлов, вследствие того, что медь, как более электроположительный металл, вытесняется железом из ее солей и выделяется на поверхности в виде рыхлого и неплотно связанного налета контактной меди. Поэтому при осаждении меди из кислых электролитов на изделия из черных металлов применяют подслой меди из цианистых электролитов толщиной 3—4 *мк* или подслой никеля той же толщины, которые затем покрываются в кислом электролите. Иногда меднение осуществляется из щелочных и пирофосфорных электролитов, не содержащих цианидов.

Цианистые электролиты. Основными компонентами цианистого электролита являются цианистая медь и свободный цианид. Иногда в электролит вводят сернистокислый натрий, который уменьшает расход цианида на восстановление ионов двувалентной меди.

При приготовлении медных цианистых электролитов, на основе цианистой меди, концентрированный раствор цианистого натрия, перемешивая, приливают к цианистой меди до растворения ее, после чего вводят остальные растворенные в воде компоненты. При отсутствии цианистой меди медно-цианистую комплексную соль готовят, исходя из основной углекислой меди или же из соли Шевреля. При приготовлении электролита на основе углекислой меди поступают так. Для получения основной углекислой

меди растворяют медный купорос из расчета 60 *г* на 1 *л* при температуре 40—50°.

Таблица 62

Характеристика медных цианистых электролитов

Состав и режим работы	Размерность	Порядковый номер электролита и содержание компонентов			
		1	2	3	4
Цианистая медь	*г/л*	15	—	26	120—125
Цианистый натрий	»	—	35	34	—
Цианистый натрий свободный	»	10	—	6	3
Углекислый натрий безводный	»	15	10	30	17
Сернистокислый натрий	»	34	—	—	—
Соль Шевреля *	»	—	20	—	—
Сегнетова соль **	»	—	—	60	—
Роданистый калий	»	—	—	—	17
Едкий натрий	»	—	—	—	35
Температура электролита	град.	18—25	18—25	45	75
Плотность тока	*а/дм²*	0,3—0,5	0,3—0,5	1—4	10
Перемешивание	—	—	—	—	Механическое
Фильтрация	—	Нет	Нет	Нет	Нет
Выход по току	%	70	70	70	97—100

Электролит № 1 на основе углекислой меди
» № 2 на основе соли Шевреля
» № 3 на основе сегнетовой соли
» № 4 с роданистым калием

В отдельном сосуде растворяют 30 *г* кальцинированной или 80 *г* кристаллической соды при температуре 40—50° и добавляют постепенно при перемешивании в раствор медного купороса до его обесцвечивания и выпадения зеленоватого осадка — углекислой меди. Осадку дают отстояться. Затем сливают раствор и промывают осадок 2—3 раза теплой водой. В отдельных сосудах растворяют сернистокислый натрий из расчета 35 *г/л* и цианистый натрий из расчета 55 *г/л*. К промытому осадку углекислой меди вначале добавляют раствор сернистокислого натрия и после тщательного перемешивания постепенно вводят раствор цианистого натрия. Осадок при этом полностью растворяется. Раствор проверяют анализом, и корректируют содержание свободного цианистого натрия, после чего электролит полностью готов к работе без какой-либо дополнительной проработки.

* Сернистокислая соль закиси-окиси меди.
** Калиевонатриевая соль винной кислоты.

При приготовлении электролита на основе соли Шевреля поступают так. Для получения соли Шевреля в горячей (70°) воде растворяют 400 *г* медного купороса. Отдельно, также в горячей воде, растворяют 700 *г* сернистокислого натрия. Оба раствора сливают вместе при 70°. Получается розовато-красный кристаллический осадок соли Шевреля. Раствор сливают с осадка, промывают его горячей водой и хранят в темноте.

Из указанного количества реактивов получается в среднем 200—250 *г* соли Шевреля. В отдельных сосудах растворяют в теплой воде цианистый натрий и углекислый натрий. К соли Шевреля приливают сначала раствор соды и затем, при перемешивании, раствор цианистого натрия. Осадок при этом полностью растворяется. После добавления в ванну расчетного количества воды электролит готов к работе.

Корректировка цианистых электролитов заключается в поддержании нужной концентрации свободного цианистого натрия. При правильной эксплуатации добавки цианистой меди производятся весьма редко. Остальные компоненты добавляют на основании анализов. При приготовлении и эксплуатации ядовитых цианистых электролитов необходимо соблюдать все необходимые меры предосторожности (см. стр. 214—215).

Основные неполадки и их устранение приведены в табл. 65.

Кислые и бесцианистые электролиты. Кислые медные электролиты применяются для наращивания меди на изделия из стали и чугуна, на которые предварительно осажден тонкий слой (3—4 *мк*) меди из цианистых электролитов или тонкий слой (3—4 *мк*) никеля.

Кислые медные электролиты состоят обычно из двух компонентов: медного купороса и серной кислоты. Иногда для улучшения структуры осадка добавляют фенол, этиловый спирт или сернокислый никель 1—2 *г/л*.

Бесцианистые медные электролиты: виннокислый, щавелевокислый, аммиачный, борфторводородный и ряд других еще не нашли широкого применения на производстве по ряду причин отрицательного характера.

Лучшие результаты дают бесцианистые фосфорнокислые электролиты, позволяющие покрывать медью черные металлы слоем толщиной 4—5 *мк*, достаточным для последующего осаждения более толстых слоев меди из кислых электролитов.

Приготовление сернокислого медного электролита производится растворением рассчитанного количества медного купороса в теплой (55—60°) конденсированной или хорошо прокипяченной воде. Полученный раствор фильтруют и после остывания добавляют требуемое по расчету количество химически чистой серной кислоты. Корректирование электролита заключается в периодической добавке медного купороса и серной кислоты.

Приготовление бесцианистого электролита № 3 (инж. Гамова) производится растворением уксуснокислой меди в теплой воде и добавлением в избытке заранее растворенного в теплой воде пирофосфорнокислого натрия до просветления раствора меди. Раствор становится темносиним, прозрачным. При помутнении следует добавлять пирофосфорнокислый натрий. Затем добавляются остальные компоненты, заранее растворенные в теплой воде. Сцепление осадка меди с основным металлом будет хорошее при подготовке поверхности электрохимической полировкой.

Приготовление бесцианистого электролита № 4 (ЦНИЛ МХЗ) аналогично указанному выше, только вместо уксуснокислой меди применяется медный купорос. Сегнетова соль добавляется последней. Загрузка изделий в этот электролит производится под током. Рекомендуется через 5 мин. после начала процесса производить перемешивание электролита.

сжатым воздухом. Также рекомендуется перед загрузкой изделий в ванну производить анодную обработку в растворе пирофосфорнокислого натрия в количестве 90 *г/л* при комнатной температуре в течение 0,5—1 мин.

Таблица 63

Характеристика медных, кислых и бесцианистых электролитов

Состав и режим работы	Размерность	Порядковый номер электролита и содержание компонентов			
		1	2	3	4
Медный купорос (сернокислая медь)	*г/л*	200	300	—	35
Серная кислота химически чистая	»	50	75	—	—
Этиловый спирт, фенол, сернокислый никель	»	1—2	1—2	—	—
Уксуснокислая медь	»	—	—	20	—
Пирофосфорнокислый натрий	»	—	—	150—200	140
Сернистокислый натрий	»	—	—	20—50	—
Азотнокислый аммоний	»	—	—	5—10	—
Фосфорнокислый натрий	»	—	—	—	95
Сегнетова соль	»	—	—	—	25
Температура электролита	град.	20—25	40—45	35—50	25—40
Плотность тока	*а/дм²*	2—3	3—10 С перемешиванием 15—30	0,5—2	0,5—1
Выход по току	5	98	98	—	90—95

Электролит № 1 и 2 кислый
» № 3 бесцианистый (инж. Гамова)
» № 4 бесцианистый (ЦНИЛ МХЗ)

Получение медных покрытий высокого качества при повышенных плотностях тока возможно при применении разработанного в последнее время способа периодического переключения полюсов, который благодаря своей простоте и эффективности может найти широкое применение при меднении в цианистых и кислых электролитах, а также при цинковании, оловянировании и других гальванических процессах. Сущность этого процесса заключается в периодическом переключении полюсов тока на шинах ванны так, чтобы процесс анодной обработки омедняемых деталей не превышал в сумме 5—6% общего времени выдержки деталей в ванне. Например, достаточно периодически, после 1—2 мин. катодного процесса, подвергать детали анодной обработке при неизменной величине тока

Таблица 64

Продолжительность осаждения слоя меди определенной толщины из цианистой ванны при выходе по току 70%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин. Плотность тока в *а/дм²*									
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5	3	5	10
0,001	7,5	6,0	5,0	4,3	3,7	3,0	2,0	1,0	0,6	0,3
0,002	15,0	12,0	10,0	8,6	7,5	6,0	4,0	2,0	1,2	0,6
0,003	22,5	18,0	15,0	12,9	11,2	9,0	6,0	3,0	1,8	0,9
0,004	30,0	24,0	20,0	17,1	15,0	12,0	8,0	4,0	2,4	1,2
0,005	37,5	30,0	25,0	21,4	18,8	15,0	10,0	5,0	3,0	1,5
0,006	45,0	36,0	30,0	25,7	22,5	18,0	12,0	6,0	3,6	1,8
0,007	52,5	42,0	35,0	30,0	26,3	21,0	14,0	7,0	4,2	2,1
0,008	60,0	48,0	40,0	34,3	30,0	24,0	16,0	8,0	4,8	2,4
0,009	67,5	54,0	45,0	38,6	33,8	27,0	18,0	9,0	5,4	2,7
0,01	75,0	60,0	50,0	42,9	37,5	30,0	20,0	10,0	6,0	3,0

Таблица 64а

Продолжительность осаждения слоя меди определенной толщины из кислой ванны при выходе по току 98%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин. Плотность тока в *а/дм²*								
	2,0	2,5	3,0	3,5	5,0	6,0	10	20	30
0,01	22,5	18,0	15,0	12,9	9,0	7,50	4,50	2,2	1,5
0,02	45,0	36,0	30,0	25,7	18,0	15,0	9,00	4,5	3,0
0,03	67,5	54,0	45,0	38,6	27,0	22,5	13,5	6,7	4,5
0,04	90,0	72,0	60,0	51,5	36,0	30,0	18,0	9,0	6,0
0,05	112	90,0	75,0	64,3	45,0	37,5	22,5	11,2	7,5
0,06	135	108	90,0	77,0	54,0	45,0	27,0	23,5	9,0
0,07	157	126	105	90,0	63,0	52,4	31,5	15,7	10,5
0,08	180	144	120	103	72,0	60,0	36,0	18,0	12,0
0,09	203	162	135	116	81,0	67,5	40,5	20,2	13,5
0,1	225	180	150	129	90,0	75,9	45,0	22,5	15,0
0,2	450	360	300	260	180	150	90,0	45,0	30,0
0,3	675	540	450	380	270	225	135	67,5	45,0

в течение 3—5 сек. В простейших случаях переключения полюсов можно осуществлять посредством перекидного рубильника на щите ванны. При установившемся технологическом процессе переключение полюсов осуществляется автоматически посредством реле времени. Во время анодной обработки на поверхности деталей происходят следующие процессы:

Таблица 65

Неполадки при работе медных электролитов и их устранение

Неполадки	Причины	Устранение
	Цианистые электролиты	
Отложение темного цвета, сильное газовыделение	Высокая плотность тока	Снизить плотность тока
На анодах образуется голубоватый осадок	Образование на анодах двувалентных ионов меди	Очистить аноды, добавить в электролит сернистокислый натрий
На анодах образуется белый осадок	Образование кислоты	Добавить цианистый натрий. Очистить аноды. Увеличить их поверхность
Электролит голубого цвета	Недостаток цианида	Добавить цианистый натрий до исчезновения голубого цвета
Осаждение идет очень медленно	Электролит беден металлом или содержит избыток цианистого натрия	Добавить медь в соответствии с рецептом и данными анализа
Быстро падает концентрация меди в электролите	Аноды покрыты нерастворимым осадком	Очистить аноды, добавить цианистый натрий и сернистокислый натрий
	Кислые электролиты	
Осадок неровный, шероховатый	Загрязнение электролита механическими примесями—анодным шламом, пылью и т. п.	Отфильтровать электролит; предохранять ванну от попадания в нее загрязнений, выбирать качественные аноды, часто чистить их
Осадок непрочный, песчаного характера	Недостаточная концентрация медного купороса или серной кислоты; иногда недостаточное перемешивание	Сделать анализ и откорректировать электролит. Усилить перемешивание
Осадок крупнокристаллической структуры	Слишком высокая концентрация медного купороса; иногда недостаточное перемешивание	Сделать анализ и откорректировать электролит. Усилить перемешивание
Осадок на краях изделий темного цвета (загар)	Слишком высокая плотность тока	Уменьшить плотность тока, изменить характер завешивания
Осадок темного цвета, шероховатый	Внедрение в осадок закиси меди вследствие недостатка кислоты	Откорректировать электролит
На поверхности изделий темные, черные или коричневые полосы	Электролит содержит мышьяк	Проработать электролит током большой плотности. Сделать анализ электролита, анодов и серной кислоты
На поверхности изделий блестящие полосы	Загрязнение электролита органическими веществами, чаще всего клеем	Проработать током. Перекристаллизовать электролит на медный купорос
Темный осадок при наблюдающемся выделении водорода	Избыток кислоты, слишком высокая плотность тока, образование закиси меди	Сделать анализ электролита на содержание кислоты. Уменьшить плотность тока

1) частичное растворение медного покрытия, наиболее интенсивно происходящее на вершинах дендритных наростов, создающих шероховатость покрытия, вследствие чего поверхность медного слоя периодически сглаживается;

2) пузырьки водорода, находящиеся на поверхности деталей, в момент переключения полюсов срываются с поверхности покрытия, а также нейтрализуются встречным током кислорода, чем устраняется частый и еще мало изученный вид брака — водородная пористость покрытий;

3) под действием тока и кислорода частично устраняется насыщение водородом металла деталей и самого покрытия. Этим снижается «водородная хрупкость» металлов, а также вздутие медного слоя при полировании, происходящее вследствие скопления под слоем меди водорода, выделяющегося при разогревании деталей во время механического полирования.

Параллельно с явлениями, происходящими на катоде, при переключении полюсов устраняется и пассивирование анодов.

НИКЕЛИРОВАНИЕ

Чистый никель представляет собой металл серебристо-белого цвета, довольно твердый и ковкий, хорошо полирующийся. Удельный вес 8,9. Атомный вес 58,69. Температура плавления 1452°. Электрохимический эквивалент 1,095. При обыкновенной температуре обладает магнитными свойствами, которые теряет при нагревании до 360°. На воздухе при обыкновенной температуре мало изменяется и сохраняет блеск вследствие образования на его поверхности тончайшей пассивной пленки, при высоких температурах окисляется. Хорошо растворяется в разбавленной азотной кислоте и не растворяется в концентрированной; в соляной и серной кислотах растворяется медленно. Весьма устойчив в щелочах. Некоторые вещества заметно реагируют с никелем (например, горячие жиры, уксус, горчица, чай), оставляя на нем темные пятна.

Никелирование применяется как защитно-декоративное покрытие непосредственно и с применением подслоя меди в целях защиты от коррозии вообще и в щелочных средах в частности, а также для повышения стойкости на износ трущихся деталей машин, стереотипов, клише и т. д. Применяется во всех отраслях промышленности при защитно-декоративных и износоустойчивых покрытиях; в химической промышленности; при производстве хирургических инструментов и других металлических изделий.

Никель по отношению к железу является катодом, поэтому покрытые никелем стальные изделия защищаются от коррозии только при отсутствии пористости и непокрытых мест. При наличии оголенных участков и значительной пористости стальные изделия во влажном воздухе будут ржаветь не только по поверхности, но и под слоем никеля. Наиболее надежным способом получения беспористого покрытия никелем является нанесение многослойных покрытий. Сочетание никелирования с меднением и хромированием (тонким слоем — 1 *мк*) позволяет получать комбинированные покрытия, обладающие высокими защитно-декоративными свойствами.

Применяемые толщины слоев меди и никеля в соответствии с ГОСТ 3002-45 и ГОСТ 2249-43 приведены в разделе «Выбор видов покрытий».

В состав никелевых электролитов входят: сернокислый никель в качестве основной соли; сернокислый натрий или магний и изредка соли аммония в качестве проводящей соли; борная кислота в качестве буфера, препятствующего быстрому изменению кислотности; хлористый никель

или хлористый натрий в качестве активатора, способствующего нормальному растворению анодов. В табл. 66 приведены составы электролитов и режимы работы при никелировании.

Таблица 66

Характеристика никелевых электролитов

Состав и режим работы	Порядковый номер электролита и содержание компонентов в *г/л*			
	1	2	3	4
Сернокислый никель	70	140	290	420
» натрий	40	50	—	—
» магний	—	30	50	—
Борная кислота	20	20	30	30
Хлористый натрий	5	5	5	—
Фтористый натрий	—	—	3	3
Температура электролита	15—25	25—35	35—45	50—60
Плотность тока в *а/дм²*	0,5—1,0	0,8—2,0	2,0—4,0	5,0—10,0
Кислотность pH	5,6—5,8	5,0—5,5	3,0—5,0	1,9—3,5
Перемешивание	Не требуется		С качающимися катодами, барабан, колокол	Сжатым воздухом
Фильтрация	Периодическая		Систематическая	Непрерывная
Выход по току в %	95	90—95	90	85—90

Указанные электролиты устойчивы в работе и при их правильной эксплуатации и систематической очистке от вредных примесей и корректировке могут работать несколько лет без замены.

В табл. 67 приводятся составы и режим работы электролитов для блестящего никелирования [14 и 18].

Электролит № 1 применяется для тонкослойных декоративных покрытий в пределах 5—8 *мк*; электролит № 2 применяется при защитно-декоративном покрытии с толщиной слоя в 15 *мк* и более. Осадки блестящего никеля, получаемые из электролитов № 1 и № 2, не всегда обладают равномерным блеском и во многих случаях требуют дополнительного полирования. Электролиты № 3 и 4 применяются для осаждения тонких слоев — поверх медного подслоя.

Никелирование алюминия. Поверхность алюминиевых изделий перед никелированием должна быть освобождена от окисной пленки. Это достигается травлением изделий в течение 20—60 сек. в 10-процентном растворе едкого натрия, насыщенного поваренной солью, последующей промывкой в воде, 10-секундным осветлением (окунанием) в азотной кислоте

Таблица 67

Электролиты для блестящего никелирования

Состав и режим работы	Порядковый номер электролита и содержание компонентов в *г/л*			
	1	2	3	4
Сернокислый никель	140—160	210	83	100
» натрий	120—140	—	83	—
» магний	20—25	—	—	—
Борная кислота	25—30	30	10	20
Хлористый калий	—	3	—	—
Хлористый натрий	3—5	—	—	—
Дисульфонафталиновая кислота	2—3	3—5	—	—
Фтористый натрий или калий	—	6	—	—
Хлористый аммоний	—	—	14	—
Хлористый или сернокислый кадмий	—	—	0,08—0,1	—
Сернокислый аммоний	—	—	—	50
Температура электролита в град.	15—25	25—30	20	20—25
Плотность тока в *а/дм²*	0,3—0,4	2—4	0,4—1,5	0,25—0,35
Кислотность pH	6,0—6,5	6,0—6,5	5,5—6,0	5,5—6,0
Перемешивание	Не требуется	Сжатым воздухом	Не требуется	
Фильтрация	Периодическая			
Выход по току в %	95	95	90	90

и тщательной промывкой в проточной воде. После такой подготовки изделия погружают в ванну состава:

хлористый никель	225 *г*
соляная кислота	100 *мл*
вода	1 *л*

Изделия выдерживают в этой ванне до начала сильного газообразования, после чего их тщательно промывают в воде и погружают в никелевый электролит состава:

сернокислый никель	120 *г/л*
сернокислый натрий	195 »
аммиак (25-процентный)	7,5 »
борная кислота	7,5 »

Электролиз ведут при pH = 5,7—6, температуре 18—20° и плотности тока 2 *а/дм²*.

Осаждение черного никеля. Осаждение черного никеля производится в следующем электролите:

двойная соль никеля и аммония	60 *г/л*
сернокислый цинк	7,5 »
роданистый аммоний	15 »

при pH = 5,2—5,5, температуре 18—20° и плотности тока 0,1 *а/дм²*. Изделия, прежде чем завешивать в ванну черного никелирования, слегка никелируют в обычной ванне при низком напряжении тока.

Таблица 68

Продолжительность осаждения слоя никеля определенной толщины при выходе по току 95%

Толщина в *мм*	Продолжительность в мин. Плотность тока в *а/дм²*						
	0,50	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
0,001	10,0	7,5	5	3,75	2,5	1,87	1,02
0,002	20,0	15,0	10	7,50	5,0	3,75	2,03
0,003	30,0	22,5	15	11,25	7,5	5,62	3,05
0,004	41,0	30,0	20	15,0	10,0	7,50	4,06
0,005	51,0	37,5	25	18,7	12,5	9,37	5,08
0,006	61,0	45,0	30	22,5	15,0	11,25	6,09
0,007	71,0	52,5	35	26,2	17,5	13,1	7,11
0,008	81,0	60,0	40	30,0	20,0	15,0	8,12
0,009	91,0	67,5	45	33,7	22,5	16,9	9,1
0,01	102	75,0	50	37,5	25,4	18,7	10,2
0,02	203	150	100	75,0	50,7	37,5	20,3
0,025	254	187,5	125	93,1	63,4	46,9	25,4
0,03	304	225	150	112	76,1	56,2	30,4
0,04	406	300	200	150	101	75,0	40,6
0,05	508	375	250	187	127	93,7	50,8
0,06	609	450	300	225	152	112	60,9
0,07	711	525	350	262	178	131	71,1
0,08	812	600	400	300	203	150	81,2
0,09	914	675	450	337	228	169	91,4
0,1	1015	750	500	375	254	187	101
0,2	2030	1500	1000	750	507	375	203
0,3	3045	2250	1500	1125	761	563	305

Приготовление никелевого электролита производится растворением солей, входящих в состав электролита, в горячей (50—60°) воде в керамиковой, эмалированной, свинцовой или освинцованной посуде.

Раствору дают отстояться, фильтруют его, после чего определяют кислотность, устанавливая pH. Необходимо брать химически чистые химикаты с минимальным содержанием примесей.

Особенно часто соли бывают загрязнены железом, медью и цинком. Воду лучше применять конденсированную или кипяченую.

Таблица 69

Неполадки при работе никелевых электролитов и их устранение

Неполадки	Причины	Устранение
Никель не осаждается; выделения водорода на изделиях нет. Поверхность изделий чернеет или покрывается пятнами	Слишком слабый ток; низкая температура электролита	Увеличить плотность тока, проверить контакты; поддерживать температуру электролита не ниже 14°
Никель не осаждается; на изделиях сильное газовыделение	Электролит слишком кислый	Нейтрализовать углекислым никелем или разбавленным раствором едкого натрия
Никель темный с пятнами при нормальной плотности тока	а) Мала кислотность электролита; б) электролит слишком концентрирован; в) электролит недостаточно электропроводен и беден солями никеля; г) электролит содержит медь и железо	а) Электролит подкислить серной кислотой; б) электролит разбавить водой; в) добавить в электролит сернокислый никель и проводящие соли; г) проработать электролит со случайными катодами при плотности тока 0,2 *а/дм²*
Изделия быстро покрываются никелем, который затем становится серым или черным или отслаивается	а) Сильный ток; б) изделия плохо подготовлены; в) электролит загрязнен примесями железа, цинка и др.	а) Уменьшить величину тока; б) улучшить подготовку изделий; в) нейтрализовать электролит углекислым никелем или разбавленным раствором едкого натрия; г) длительно проработать электролит током при плотности 0,2—0,3 *а/дм²* со случайными катодами
Никель светлый, изделия местами не покрываются	а) Плохое обезжиривание; б) изделия экранируют друг друга; в) неправильно расположены аноды	а) Улучшить подготовку изделий; б) завесить изделия более свободно; в) распределить аноды равномерно
Никель отслаивается во время процесса	а) Слишком кислый или холодный электролит; б) перерывы в подаче тока; в) сильный ток	а) Нейтрализовать углекислым никелем или слабым раствором едкого натрия, нагреть ванну; б) обеспечить беспрерывное питание током; в) отрегулировать плотность тока
Крупная водородная пористость	Загрязнение электролита органическими примесями	Периодически добавлять 3-процентный раствор перекиси водорода
Осадок грубый и шероховатый наощупь	а) Если электролит прозрачен, то слишком велика концентрация солей; б) загрязнения механическими примесями и анодным шламом	а) Разбавить электролит водой примерно на 20%; б) профильтровать электролит
На изделиях сильное выделение водорода при нормальной кислотности и нормальной плотности тока	Велико количество проводящей соли	Добавить 5—8 *г* сернокислого никеля на каждый литр электролита
Осаждение при нормальной плотности тока идет слишком медленно	а) Холодный электролит; б) малая площадь анодов; в) слабая проводимость электролита	а) Подогреть ванну; б) увеличить количество анодов; в) добавить проводящей соли

Продолжение табл. 69

Неполадки	Причины	Устранение
Осадок серого цвета	Примесь меди в электролите	Проработать на жесть при напряжении 2 *в*, предварительно подкислив электролит
Осадок полосатый или черный	Наличие в электролите цинка	Электролит в большинстве случаев исправить не удается
Осадок хрупкий блестящий (продольное растрескивание)	Наличие в электролите железа, органических веществ и керосина	Проработать электролит
	При блестящем никелировании	
Отсутствие блеска в никелевом покрытии при нормальном pH и режиме электролиза	Недостаточное содержание нафталиндисульфокислоты или присутствие небольшого количества примесей цинка и меди в электролите	Добавить нафталиндисульфокислоту согласно рецепту и проработать ванну
Покрытие на краях деталей блестящее, а в середине матовое	Недостаточное количество добавки в ванне, мала плотность тока	Добавить нафталиндисульфокислоту; увеличить плотность тока
Желтый оттенок блестящего покрытия	Отсутствие или недостаток фторидов в ванне	Откорректировать ванну на содержание фторидов
Блеск никелевого покрытия неоднородный, поверхность пятнистая (при тонких отложениях)	Плохо отполирована деталь; в случае латуни или меди плохо обезжирена или декапирована. Поверхность пятнистая	Улучшить подготовку поверхности перед покрытием

При приготовлении электролита для блестящего никелирования все соли растворяют в отдельных порциях горячей воды и через фильтр вводят в ванну.

Фтористый калий и нафталиндисульфокислоту следует вводить в последнюю очередь.

Нафталиндисульфокислоту растворяют в небольшом объеме воды и полученный раствор нейтрализуют углекислым никелем и слабым раствором щелочи, после чего вводят через фильтр в ванну. Готовый электролит после добавления воды до нужного уровня подвергают анализу и в зависимости от результатов анализа корректируют; электролит прорабатывают постоянным током с катодами из листового железа при плотности тока 1—1,5 *а/дм*^{2} из расчета 5—10 *а-час* на 1 *л* электролита.

Расход блескообразователя 1,2—1,3 *кг* на 100 *л* электролита в месяц.

Продолжительность осаждения слоя никеля определенной толщины приведена в табл. 68, а неполадки при работе никелевых электролитов и их устранение в табл. 69.

ХРОМИРОВАНИЕ

Хром — металл серебристо-белого цвета с голубоватым оттенком. Удельный вес 7,1. Атомный вес 52,01. Температура плавления 1550—1615°. Электрохимический эквивалент 0,323 *г/а-час*.

Ценными физическими свойствами хрома являются красивая, декоративная внешность, весьма высокая твердость, износоустойчивость и жаростойкость (при температуре до 500° хром не тускнеет); устойчивый блеск, не тускнеющий от времени, и высокая отражательная способность; хром обладает большой склонностью к пассивированию — образованию тонкой окисной пленки, которая защищает хром от дальнейшего разрушения.

Характерным и весьма благоприятным свойством хромовых покрытий является их антифрикционность.

Растворы соляной кислоты хорошо растворяют хром: разбавленная азотная кислота реагирует с хромом, концентрированная делает его поверхность пассивной. Серная кислота медленно растворяет хром. Органические кислоты, а также сероводород и щелочи на хром не действуют.

Хромирование производится с двумя основными целями:

1) Защитно-декоративное — для придания металлическим изделиям и деталям машин и механизмов красивого, блестящего внешнего вида и сохранения этого вида продолжительное время при одновременной защите от вредного влияния внешней среды. Обычно защитно-декоративное хромирование производится с подслоем меди и никеля или только никеля. Хромовые покрытия отличаются высокой пористостью и без подслоя, а также в тонких слоях не защищают железа от коррозии.

Согласно ГОСТ 3002-45 толщина слоя хрома при декоративном хромировании с подслоем меди и никеля должна быть 1 *мк*.

2) Твердое износоустойчивое — для повышения сопротивления механическому износу деталей машин, контрольно-измерительных и режущих инструментов; для восстановления изношенных деталей машин и механизмов, износ которых не превышает 0,5 *мм*. Нанесение толщин хрома выше 0,5 *мм* технически возможно, но экономически не всегда целесообразно.

К этому виду хромирования следует отнести и так называемое пористое хромирование*. Пористый осадок, обладая всеми свойствами осадков гладкого износоустойчивого хрома, имеет ряд преимуществ: 1) способность прирабатываться к другой, нехромированной поверхности; 2) высокую способность смачиваться маслом и удерживать смазку во время трения поверхностей; 3) более низкий коэффициент трения; 4) хорошее сцепление с основным металлом в толстых слоях вследствие отсутствия в хромовых осадках внутренних напряжений [12].

Различают три основных типа хромовых осадков:

а) молочный — получается при сравнительно низких плотностях тока (15—25 *а/дм²*) и при температурах 65° и выше. При ремонтных работах применяется для осаждения на детали под запрессовку;

б) блестящий — получается при температурах, находящихся в пределах 45—58° и средних плотностях тока (25—55 *а/дм²*). Применяется при декоративном хромировании и ремонтных работах для осаждения хрома на детали, работающие на трение для придания им поверхностной твердости и износоустойчивости. Этот тип осадка применяется также для повышения срока службы мерительного и некоторого режущего инструмента;

в) пористый — получается при высоких температурах 58—74° и сравнительно высоких плотностях тока (40—100 *а/дм²* и выше), характеризуется наличием в осадке сетки трещин — канальчатый вид. Применяется при ремонтных работах для осаждения на детали, работающие в условиях усиленного трения и требующие беспрерывной и бесперебойной подачи смазки.

Для получения блестящих осадков необходимо поддерживать определенное соотношение между температурой и плотностью тока; чем выше температура, тем выше должна быть применяемая плотность тока.

Важным фактором, влияющим на качество осадка, является концентрация хромового ангидрида. Электролиты с концентрацией хромового ангидрида ниже 150 *г/л* имеют повышенное сопротивление и узкие пределы получения блестящих осадков хрома.

Сильно концентрированные электролиты (350 *г/л* и выше) имеют более высокую электропроводность и требуют поэтому меньшего напряжения тока, однако в них меньше и выход по току и рассеивающая способность. Лучше пользоваться электролитом с концентрацией хромового ангидрида, равной 250 *г/л*.

Очень важным условием работы электролита является соотношение хромового ангидрида к сульфат-иону. С точки зрения выхода по току, рабочего интервала, в котором получаются блестящие осадки, а также рассеивающей и кроющей способности, наиболее благоприятное соотношение хромового ангидрида к сульфат-иону находится в пределах от 100 : 1 до 200 : 1.

Увеличение количества сульфат-иона до 50 : 1 значительно уменьшает рассеивающую способность электролита. Более низкое содержание сульфат-иона, чем отношение 200 : 1, вызывает образование на осадке темных полос и точек.

В процессе работы в электролите накапливаются трехвалентный хром и железо. Значительное накопление этих примесей сильно повышает

* В годы Великой Отечественной войны автором совместно с канд. техн. наук Г. И. Тупицыным и инж. Я. Н. Бирманом разработан и применен способ пористого хромирования для восстановительного ремонта двигателей внутреннего сгорания (авторское свидетельство № 69583 от 20.XII—1944 г.).

сопротивление электролита и значительно сокращает интервал получения блестящих осадков.

В небольшом количестве трехвалентный хром не оказывает заметного влияния на выход по току, а на рассеивающую способность действует даже благоприятно; но при большом содержании его в электролите осадки хрома получаются темного цвета. Допустимое количество трехвалентного хрома при концентрации хромового ангидрида 150 *г/л* составляет 10—12 *г/л*, при концентрации 250 *г/л* —20—25 *г/л*. Примесь железа в электролите допускается до 10 *г/л*; в присутствии железа свыше 25 *г/л* электролит делается негодным к употреблению. Накопление трехвалентного хрома и железа внешне проявляется в пульсации стрелок амперметра и вольтметра и в образовании в процессе электролиза крупных долго не исчезающих пузырьков.

При декоративном и защитно-декоративном хромировании рекомендуется применять электролиты 1 и 2 (табл. 70), для твердого (износоустойчивого) хромирования и наращивания хрома в целях восстановления размеров — электролиты 1 и 4. В случае работы с генератором напряжением 6 *в* при декоративном хромировании рекомендуется применять электролит 3 и для пористого хромирования — электролиты 2 и 5.

Таблица 70

Характеристика хромовых электролитов

Состав электролитов в *г/л* и режим работы	Номера электролитов				
	1	2	3	4	5
Хромовый ангидрид	250	250	350—400	150	180—250
Серная кислота (уд. вес 1,84)	2,5	1,25	3,5—4,0	1,5	1,5—2,2*
Температура электролита в градусах	45—55	45—55	35	55—60	58—64
Плотность тока в *а/дм²*	15—55	35—55	7—15	50—100	40—80
Напряжение тока в *в*	6—8	6—8	4—6	8—10	8—10
Выход по току в % (средний)	13—15	13—15	10—13	13—15	18

Приготовление электролита. В отдельном сосуде растворяют в теплой дистиллированной или кипяченой воде (55—60°) рассчитанное количество хромового ангидрида, в котором предварительно определяют содержание серной кислоты. После отстаивания чистый раствор хромовой кислоты переливают в ванну хромирования и вводят туда заранее рассчитанное количество серной кислоты. Затем доливают также дистиллированную или кипяченую воду до требуемого уровня, перемешивают электролит, проводят испытание на пробных образцах и приступают к нормальной работе. При добавлении серной кислоты следует учитывать серную кислоту, содержащуюся в хромовом ангидриде.

* При хромировании чугуна содержание серной кислоты должно быть 1,2 — 1,6.

Таблица 71

Неполадки при хромировании, возможные их причины и устранение

Неполадки	Причины	Устранение
Изделия, все или частично, не покрываются хромом, в то же время наблюдается выделение водорода и кислорода на деталях и анодах	а) Отсутствие контакта детали с приспособлением или приспособления с катодной или анодной штангой; б) малая плотность тока; в) наличие перекиси свинца на анодах; г) если детали подвергались электрохимическому декапированию, то наблюдается перетравливание и вследствие этого насыщение поверхности металла газообразным водородом (наводораживание)	а) Проверить и зачистить контакты; б) повысить плотность тока, в начале процесса дать повышенную плотность в 1,5—2 раза на протяжении 1—2 мин.; в) протравить и зачистить аноды до металлического блеска; г) подвергнуть детали нагреву до 150—200° в масле или печи и вновь зачистить наждачным полотном и только после этого повторить хромирование; д) уменьшить время декапирования
Матовый или пригорелый осадок, особенно на выступающих частях деталей	Повышенная плотность тока при данной температуре	Установить правильное соотношение между плотностью тока и температурой
Хром не осаждается в углубленных местах и у отверстий изделий	а) Недостаточная плотность тока в местах углублений; б) избыток серной кислоты в электролите; в) наличие незакрытых отверстий в хромируемых изделиях; г) тесное соприкосновение хромируемых изделий между собой; д) образование газовых мешков в углубленных местах изделий	а) Увеличить плотность тока и установить фигурные аноды. В начале процесса дать на 1 мин. ток, в 2—3 раза превышающий нормальный; б) уменьшить содержание серной кислоты до нормального количества; в) закрыть все, в том числе и сквозные, отверстия резиновыми, хлорвиниловыми или свинцовыми пробками; г) устранить соприкосновение изделий; д) устранить газовые мешки
Хромовые осадки отслаиваются	а) Несоответствие температуры и плотности тока; б) толстый слой перекиси свинца на анодах; в) плохое обезжиривание и наличие на поверхности изделий окисных пленок; г) резкое увеличение плотности тока или снижение температуры	а) Установить правильное соотношение между плотностью тока и температурой; б) протравить и очистить аноды; в) улучшить обезжиривание и применять декапирование; г) следить за процессом и корректировать плотность тока и температуру в пределах принятых условий работы
Появление на хромируемой поверхности темных полос и точек	а) Недостаток серной кислоты; б) загрязнение электролита твердыми частицами (шламом)	а) Провести анализ на содержание серной кислоты и добавить недостающее количество ее; б) отфильтровать электролит
Осадки хрома темного цвета	а) Высокая концентрация трехвалентного хрома; б) недостаток серной кислоты; в) слишком низкая температура электролита	а) Уменьшить содержание трехвалентного хрома до нормального содержания путем проработки ванны током на случайных катодах при большой анодной поверхности; б) добавить серную кислоту согласно данным химического анализа; в) установить нормальную температуру и поддерживать ее во время работы ванны

Продолжение табл. 71

Неполадки	Причины	Устранение
Отслаивание осадков хрома вместе с подслоем никеля при декоративном хромировании	Недоброкачественное никелирование, плохая подготовка перед никелированием	а) Улучшить подготовку изделий перед никелированием; б) проверить работу никелевого электролита
Отсутствие хромового покрытия на отдельных участках никелевого подслоя при декоративном хромировании	Окисление никеля при полировании его окисью хрома	а) Полирование никеля перед хромированием следует производить пастой из окиси железа (крокуса) или окиси алюминия. Хорошо применять электрополирование
Матовый или пригорелый осадок, особенно на выступающих частях деталей	а) Повышенная плотность тока при данной температуре; б) слишком близкое расположение анодов к выступающим частям детали; в) загрузка деталей в ванну под током без предварительного подогрева в горячей воде или электролите	а) Установить правильное соотношение между плотностью тока и температурой; б) применить защитные катоды и увеличить расстояние между электродами; в) предварительно перед загрузкой подогревать чугунные детали в горячей воде или стальные в электролите без тока до принятия деталями температуры электролита
На осажденном хроме обнаруживаются наросты в виде бугорков, бородавок и конусообразных углублений	а) При нанесении слоев хрома толщиной более 0,2 *мм* образование небольших наростов неизбежно; большое количество наростов почти всегда вызывается загрязнением электролита твердыми коллоидальными веществами, находящимися во взвешенном состоянии, которые попадают в ванну от некачественных анодов, краски и др. веществ; б) хромируемый металл имеет графитовые включения или окислы	а) Непосредственно перед хромированием и в процессе хромирования не взмучивать шлам, осевший на дно ванны; б) для изготовления анодов применять только чистый свинец или сплавы свинца с сурьмой; в) при изоляции подвесок и нехромируемых мест деталей не применять случайных красок и веществ, растворяющихся в хромовой кислоте. Тщательно удалять краску и смазку с хромируемых деталей
Осадок хрома отслаивается кольцами или слоями при шлифовании	а) Детали долгое время находились в ванне без тока вследствие длительного перерыва в подаче тока; б) в процессе хромирования температура электролита или ток попеременно повышались и понижались; в) в процессе хромирования в ванну добавлялась холодная вода	а) В случае длительных перерывов (более 1 часа) детали из ванны вынимаются, декапируются и снова хромируются; б) плотность тока и температуру в процессе электролиза поддерживать постоянными, принятыми по технологии; в) во время работы ванны уровень электролита поддерживать добавлением только горячей воды, вливая ее по стенкам ванны
Осадок хрома отслаивается в самой ванне или при шлифовании	а) Недостаточное обезжиривание деталей; б) не проведено декапирование или проведено недостаточно; в) детали слишком перекалены; г) при шлифовании хромового осадка применяемый шлифовальный круг слишком тверд или слишком велика скорость шлифования	а) Улучшить обезжиривание; б) проводить обязательное анодное декапирование в соответствии с принятым режимом работы (кроме чугуна); в) строго соблюдать режим закалки, после хромирования детали подвергать нагреву в масле до 150—200° на протяжении 1—2 час.; г) шлифование производить с равномерным охлаждением на кругах средней твердости при средней зернистости абразива, уменьшить скорость шлифования

Продолжение табл. 71

Неполадки	Причины	Устранение
В процессе эксплуатации хромированных деталей на поверхности появляются риски, надиры и выкрашивается хром	а) Недостаточная пористость, не обеспечивающая равномерного смачивания поверхности маслом; б) дефекты подготовки при шлифовании, «зажоги» поверхности основного металла; в) детали слишком перекалены	а) Стремиться к получению «нормальной» пористости, соблюдая заданный режим подготовки и процесс хромирования; б) более тщательно производить шлифование, не допуская местного перегрева деталей; в) строго соблюдать режим каления
Скорость осаждения хрома очень мала	а) Несоответствие между расчетной и фактической плотностью тока; б) ошибка при расчете поверхности детали; в) слишком высокое содержание хромового ангидрида; г) слишком высокое содержание серной кислоты; д) неудовлетворительные контакты между подвеской и токопроводящими штангами; е) наличие в электролите следов соляной или азотной кислоты	а) Проверить сечение подвесок; б) пересчитать заново поверхность деталей; в) поддерживать постоянное содержание хромового ангидрида, принятое по составу электролита; г) определить анализом точное содержание серной кислоты, при избытке осадить углекислым барием; д) проверить надежность контактов, при надобности места контактов зачистить до металлического блеска, применить дополнительное крепление контактирующих мест специальными зажимами; е) проверить анализом содержание соляной и азотной кислот
На отдельных местах деталей осадок хрома имеет недостаточную толщину слоя (неравномерность слоя)	а) Детали завешены в ванне слишком близко друг к другу и экранируют одна другую; б) неодинаковая работа анодов	а) Увеличить расстояние между деталями; б) протравить и зачистить аноды до равномерного металлического блеска
Неудовлетворительный осадок хрома в верхней части деталей при вертикальной завеске	а) Деталь погружена на недостаточную глубину в электролит; б) интенсивное испарение электролита во время работы ванны	а) Уровень электролита обычно должен быть не менее чем на 50 *мм* выше верхнего конца хромируемой детали; б) непрерывно следить за уровнем электролита, во-время доливать горячую воду
При хромировании внутренних поверхностей величина тока падает с увеличением напряжения	а) Очень малое поперечное сечение анода; б) большое расстояние между анодом и катодом; в) недостаточная чистота анодов	а) Увеличить диаметр внутреннего анода; б) уменьшить расстояние между анодом и катодом; в) применять аноды из чистого свинца с примесью 6—8% сурьмы
При хромировании внутренних поверхностей цилиндрической формы в верхней части не осаждается хром	Вследствие бурного выделения водорода увеличивается газонаполнение электролита, в верхней части повышается сопротивление и на концах детали не достигается потенциал осаждения хрома	Увеличить расстояние между анодом и катодом, снизить плотность тока
Отсутствие сплошности осадка хрома, темные осадки, прекращение осаждения хрома. Быстрое разрушение свинцовой обкладки ванны	Наличие в электролите азотной кислоты или ее солей свыше 1 *г/л*	Попытаться исправить электролит путем проработки током с поверхностью катодов, превышающей в 3—4 раза поверхность анодов и с предварительным осаждением серной кислоты солями бария. В случае неудачи исправления заменить электролит

Корректировка электролита. В процессе работы, в связи с применением нерастворимых анодов, а также вследствие уноса электролита изделиями и выделяющимися газами, содержание хромового ангидрида в электролите быстро уменьшается, также уменьшается (но гораздо медленнее) и содержание серной кислоты. Поэтому, наряду с систематическими добавками в ванну хромового ангидрида следует периодически проверять содержание серной кислоты и добавлять по мере надобности требуемое количество ее.

Таблица 72

Продолжительность осаждения слоя хрома различной толщины при выходе по току 13%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин.							
	Плотность тока в *а/дм²*							
	10	15	25	30	35	50	80	100
0,001	9,81	6,53	3,92	3,26	2,80	1,96	1,22	0,98
0,002	19,6	13,1	7,85	6,54	5,60	3,92	2,45	1,96
0,003	29,4	19,6	11,8	9,81	8,41	5,88	3,68	2,94
0,004	39,2	26,1	15,7	13,1	11,2	7,85	4,91	3,92
0,005	49,1	32,7	19,6	16,3	14,0	9,81	6,13	4,91
0,006	58,9	39,2	23,5	19,6	16,8	11,8	7,35	5,89
0,007	68,7	45,8	27,5	22,9	19,6	13,7	8,58	6,87
0,008	78,5	52,3	31,4	26,2	22,4	15,7	9,81	7,85
0,009	88,3	58,8	35,3	29,4	25,2	17,7	11,0	8,83
0,01	98,1	65,4	39,2	32,7	28,0	19,6	12,3	9,81
0,02	196	131	78,5	65,4	56,0	19,2	24,5	19,6
0,03	294	196	118	91,1	84,1	58,8	36,8	29,4
0,04	393	262	157	131	112	78,5	49,1	39,3
0,05	491	327	196	163	140	98,1	61,3	49,1
0,06	589	392	235	196	168	118	73,5	58,9
0,07	687	458	275	229	196	137	85,9	68,7
0,08	785	523	314	262	221	157	98,0	78,5
0,09	883	588	353	294	252	177	110	88,3
0,1	981	654	392	327	280	196	123	98,1
0,2	1963	1308	785	654	560	392	245	196
0,3	2944	1962	1177	981	841	588	368	294
0,4	3925	2615	1569	1308	1121	785	491	392
0,5	4907	3269	1961	1635	1401	1081	613	491
0,6	5888	3923	2354	1962	1681	1177	735	589
0,7	6869	4577	2746	2289	1961	1373	858	687
0,8	7851	5231	3138	2616	2242	1569	980	785
0,9	8832	5885	3531	2942	2522	1765	1103	883
1,0	9814	6538	3923	3269	2802	1961	1226	981

В процессе работы иногда возможен избыток серной кислоты. Для его устранения лучше всего отлить из ванны часть электролита, добавить в нее воду и соответствующее количество чистого хромового ангидрида с минимальным содержанием серной кислоты. Если почему-либо этого сделать нельзя, то избыток серной кислоты удаляют посредством осаждения

его раствором углекислого бария из расчета 2 *г* углекислого бария на каждый избыточный грамм серной кислоты. Заранее приготовленный раствор углекислого бария вливают в подогретый до 50—60° электролит небольшими порциями при беспрерывном перемешивании и дают отстояться в течение 18—24 час. Избыток серной кислоты оседает на дно в виде сернокислого бария. Этот осадок не препятствует дальнейшей работе электролита, но его все же следует удалить из ванны.

В случае избытка в электролите трехвалентного хрома следует перевести его в шестивалентный путем проработки электролита током при максимальной поверхности свинцовых анодов.

Таблица 73

Время, необходимое для осаждения пористого слоя хрома различной толщины при выходе по току 18%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин.			
	Плотность тока в *а/дм²*			
	40	50	80	100
0,01	19,5	15,5	9,75	7,75
0,02	39,0	31,0	19,50	15,50
0,03	58,5	46,5	19,25	23,25
0,04	78,0	62,0	39,00	31,00
0,05	97,5	77,5	48,75	38,75
0,06	117,0	93,0	58,50	46,50
0,07	136,5	108,5	68,25	54,25
0,08	156,0	124,0	78,00	62,00
0,09	175,5	139,5	87,75	69,75
0,1	195	155	97,50	77,50
0,2	390	310	195,0	155,0
0,3	585	465	292,5	232,5
0,4	780	620	390,0	310,0
0,5	975	775	487,5	387,5
0,6	1170	930	585,0	465,0
0,7	1365	1085	682,0	542,5
0,8	1560	1240	780,0	620,0
0,9	1775	1395	877,5	697,5
1,0	1950	1550	975,0	775,0

Анодное декапирование стальных деталей перед износоустойчивым и пористым хромированием является обязательным и производится в электролите следующего состава:

хромовый ангидрид . . . . . 150—250 *г*
серная кислота . . . . . 1,2—2,2 »
вода . . . . . 1 *л*

Режим работы:

температура . . . . . 48—52°
плотность тока . . . . . 40—45 *а/дм²*

продолжительность: а) при молочном и блестящем износоустойчивом хромировании до 1 мин.; б) при пористом хромировании от 2 до 5 мин.; в) для углубления пор после пористого хромирования от 3 до 12 мин.

После анодного декапирования в хромовом электролите детали быстро переносятся в ванну хромирования без промывки.

При непосредственном декоративном хромировании изделий из цветных металлов и сплавов, а также никелированных они не подвергаются анодному декапированию и после соответствующей химической обработки нагреваются в горячей воде до температуры электролита и завешиваются в ванну хромирования под током.

Детали при хромировании погружаются в ванну хромирования ниже уровня электролита на 50—60 *мм*.

ЦИНКОВАНИЕ

Цинк — светлосерый с голубым оттенком легко тускнеющий металл. Удельный вес 8,6. Атомный вес 65,38. Температура плавления 419°. Электролитический эквивалент 1,219 *г/а-час*.

Цинк при комнатной температуре хрупок, при 100—150° становится ковким и легко может быть прокатан в тонкие листы.

При 200° он снова становится настолько хрупким, что его можно истолочь в порошок. Легко разрушается кислотами и щелочами, вследствие чего цинкование не следует применять для защиты изделий, соприкасающихся с растворами щелочей, кислот и их парами. Во влажном воздухе и в воде цинк покрывается белой пленкой углекислых и окисных соединений, защищающих его от дальнейшего разрушения.

Цинкование — одно из немногих гальванических покрытий, являющееся анодным по отношению к железу, т. е. дающим электрохимическую защиту.

Цинкование производится с целью защиты от атмосферной коррозии, от коррозии в пресной воде, бензине и керосине. Применяется для покрытия изделий широкого потребления, не требующих декоративного вида; для покрытия проволоки, трубопроводов, деталей оборудования и как протекторная защита металлических объектов, соприкасающихся с морской и речной водой.

Толщина цинковых покрытий регламентируется ГОСТ 2249-43.

При цинковании применяют цианистые, цинкатные и кислые электролиты.

Кислые электролиты наиболее дешевы и устойчивы в работе, а в случае применения нагрева и перемешивания позволяют работать при высоких плотностях тока; однако их можно применять только для покрытия изделий, имеющих несложную форму. Изделия более сложной формы и имеющие сварные швы покрываются в цинкатных и цианистых электролитах, рассеивающая способность которых значительно выше, чем у кислых электролитов, вследствие чего цинк распределяется более равномерно.

Цианистые электролиты. При приготовлении цианистых электролитов в разных сосудах в минимальном количестве воды (лучше кипяченой) растворяют цианистый натрий и едкий натрий. Окись цинка разводят в небольшом количестве воды до сметанообразного состояния и при постепенном перемешивании добавляют к ней сначала раствор цианистого натрия, а затем раствор едкого натрия. После этого электролит тщательно перемешивают, если необходимо,— фильтруют и разбавляют рассчитанным количеством воды.

Если окиси цинка нет, ее можно заменить гидратом окиси цинка, получаемым из сернокислого цинка. Для получения 100 *г* гидроокиси цинка растворяют 288 *г* сернокислого цинка в одном сосуде и 80 *г* едкого натрия в другом, после чего постепенно, при перемешивании, вливают второй раствор в первый; при этом выпадает белый осадок гидроокиси цинка.

Корректировка электролитов сводится к поддержанию концентраций введенных компонентов.

Характеристика цианистых электролитов приведена в табл. 74.

Таблица 74

Характеристика цинковых цианистых электролитов

Состав и режим работы	Размерность	Порядковый номер электролита и содержание компонентов в *г/л*		
		1	2	3
Окись цинка	*г/л*	45	—	42—45
Цианистый натрий	»	75	38	78—75
Цианистый цинк	»	—	60	—
Едкий натрий	»	15	45	70—85
Сернистый натрий	»	—	—	0,5—5,0
Глицерин	—	—	—	3—3,5
Температура электролита	°C	18—25	18—25	16—30
Плотность тока	*а/дм²*	1—2	0,5—1,5	2—8
Фильтрация	—	Периодическая	После каждой загрузки	Периодическая
Выход по току	%	75—80	75—80	80—85

Примечание. Электролит № 1 применяется для покрытия деталей сложных по форме, № 2 — для массового цинкования мелких деталей в колоколах и барабанах, № 3 — для блестящего цинкования (ВИАМ).

При приготовлении и эксплуатации цианистых электролитов необходимо соблюдать все необходимые меры предосторожности [21].

Цинкатные электролиты. Щелочные или цинкатные электролиты имеют хорошую рассеивающую способность, приближающуюся при некоторых условиях к рассеивающей способности цианистых, и очень высокий выход по току — 97—99%. Осадки цинка, независимо от толщины слоя, получаются светлыми, серебристыми, плотными и гладкими, прочно сцепленными с поверхностью изделия.

Для покрытия деталей сложного рельефа Н. Т. Кудрявцевым рекомендуется следующий состав электролита и режим работы:

едкий натрий	70—88 *г/л*
окись цинка	10—12 »
олово (в виде хлористой или хлорной соли)	0,15—0,25 *г/л*

Температура электролита 50°, плотность тока до 1,2 *а/дм²*, аноды — катаный цинк марки ЦI.

При приготовлении цинкатного электролита предварительно растворяют в небольшом объеме (10% от объема ванны) воды едкую щелочь; раствор нагревают до 90—100° и в него загружают окись цинка или гидрат окиси цинка (приготовление указано выше), тщательно перемешивают и разбавляют горячей водой до $^1/_3$—$^1/_2$ нужного объема. После того как раствор отстоится, его декантируют в рабочую ванну, подогревают до 60—70° и осторожно, при перемешивании, доливают теплой водой до нужного объема.

Отдельно в небольшом объеме полученного электролита растворяют двухлористое олово в количестве 0,5 *г/л* (из расчета 0,25 *г/л* металлического олова), предварительно введя в раствор (во избежание выпадения закиси олова) 30-процентную перекись водорода (пергидроль) в количестве 0,5—1 *см³* на каждые 0,5 *г* двухлористого олова. Полученный раствор олова вливают в ванну.

Готовый электролит анализируют, если нужно, корректируют и прорабатывают током.

Цинковое покрытие, полученное в электролите № 3, имеет сначала матовый желтоватый оттенок. Блеск оно приобретает после промывки в проточной воде и осветления путем погружения деталей на 2—3 сек. в 3-процентный раствор азотной кислоты.

Кислые электролиты. При приготовлении кислых электролитов в отдельных сосудах в небольшом количестве горячей воды растворяют необходимое количество солей, указанных в рецепте. После отстаивания взвешенных примесей раствор сливают через фильтрующую ткань в ванну цинкования и приливают воду до установленного уровня, затем перемешивают и измеряют pH. Если значение pH велико, то в электролит добавляют химически чистую серную кислоту.

Для приближенного определения pH электролита в цеховых условиях можно пользоваться красной бумагой конго, которая при pH, равном 4, резко темнеет, при pH выше 4 темнеет незначительно, при pH ниже 4 становится синей и темносиней.

Можно пользоваться также 0,1-процентным спиртовым раствором метилрота. Если pH электролита слишком высоко, прибавление к электролиту нескольких капель метилрота окрашивает электролит в желтый цвет; а если pH электролита равно 4, — то в красный цвет.

Характеристика цинковых кислых электролитов приведена в табл. 75.

Химическая обработка цинковых покрытий [1]. Кроме непосредственного получения из ванн блестящих цинковых покрытий, можно достигать осветлений цинкового покрытия и путем обработки его раствором.

Хорошие результаты дает раствор следующего состава:

хромовый ангидрид	150 *г/л*
серная кислота (уд. вес 1,84)	3—4 »

Температура раствора комнатная. Продолжительность выдержки деталей в растворе от 3 до 10 сек. После обработки цинкованные детали приобретают блестящий оттенок, а у блестящих покрытий блеск усиливается. Кроме того, значительно повышается антикоррозионная стойкость и понижается восприимчивость ко всякого рода загрязнениям.

Потери цинка за счет растворения его в хромовой кислоте незначительны (толщина слоя уменьшается всего на десятые доли микрона).

Таблица 75

Характеристика цинковых кислых электролитов

Состав электролитов и режим работы	Размерность	Порядковый номер электролита и содержание компонентов в *г/л*			
		1	2	3	4
Сернокислый цинк . .	*г/л*	300	225—250	200	215—430
Сернокислый натрий .	»	70	50—150	70	50—160
Алюминиевые квасцы.	»	30	—	30	—
Борная кислота . . .	»	20	25—30	—	—
Хлористый натрий . .	»	—	—	15	—
Сернокислый алюминий	»	—	—	—	30
Соль дисульфонафталиновой кислоты . .	»	—	—	—	2—3
Декстрин и глюкоза .	»	—	10—12	—	—
Температура электролита	°C	18—25	18—25	18—30	Не выше 25
Плотность тока . . .	*а/дм²*	1—2	2—5	0,5—1,5	3—8
Перемешивание . . .	—	Нет	Воздухом	Механические	Воздухом
Фильтрация	—	Периодическая	Постоянная	После каждой загрузки	Постоянная
Выход по току . . .	%	92	92	92	80—85
Концентрация водородных ионов . . .	—	4,0—4,2	4,0—4,2	4,0—4,2	3,8—4,0

Примечание. Электролит № 1 применяется для покрытия деталей несложных по форме, № 2 — для покрытия деталей сложных по форме, № 3 — для массового цинкования мелких деталей в колоколах, барабанах и ковшах, № 4 — для блестящего цинкования (Н. Т. Кудрявцев).

Пассивирование цинковых покрытий производится с целью повышения антикоррозионной стойкости; рекомендуется применять химическую обработку или пассивирование в хромовых растворах.

Н. Т. Кудрявцев рекомендует применять следующий раствор:

хромовый ангидрид	50—150 *г/л*
хлористый натрий	5— 50 »

Температура комнатная. Время обработки 5—15 сек.

На поверхности цинковых покрытий образуются тонкие хроматные пленки от темнозеленого до коричневого цвета. Уменьшение слоя цинка при обработке незначительно, за 5—15 сек. составляет 0,15—0,25 *мк*.

После химической обработки (осветления или пассивирования) цинкованные изделия быстро переносят в ванну с холодной водой, где они тщательно промываются водой и сушатся сжатым воздухом.

Таблица 76

Неполадки при работе цинковых электролитов и их устранение

Неполадки	Причины	Устранение
	Кислые электролиты	
Осадок темного цвета	а) Повышенная плотность тока; б) высокое значение pH; в) недостаток в электролите сернокислого алюминия или борной кислоты	а) Уменьшить плотность тока; б) повысить содержание серной кислоты; в) добавить сернокислый алюминий или борную кислоту
Осадок отслаивается	а) Плохая подготовка поверхности детали; б) загрязненность электролита органическими веществами; в) наводораживание поверхности деталей в процессе травления и электрохимического обезжиривания	а) Улучшить обезжиривание; б) проработать электролит током, ввести в него перекись водорода; в) заменить операции травления и обезжиривания пескоструйной обработкой. Нагревать изделия перед цинкованием до 100—150°
Осадок светлый, но рыхлый; на электродах значительное газовыделение	Низкое значение pH (избыток кислоты)	Установить анализом количество кислоты. Нейтрализовать ее слабым раствором углекислого или едкого натрия
Осадок светлый, шероховатый	Наличие в электролите взвешенных частиц	Отфильтровать электролит. Зачистить аноды и поместить их в полотняные мешки
Значительное газовыделение на анодах при нормальной величине pH и нормальной плотности тока	Наличие в анодах свинца (более 1—1,5%)	Заменить аноды
Появление на деталях после сушки белого налета	Плохая промывка деталей после цинкования	Улучшить качество промывки
Мелкие пузыри на поверхности оцинкованных изделий	Водородные включения в осадок цинка	а) Применять легкое перемешивание электролита; б) снизить плотность тока; в) повысить содержание цинка в электролите; г) прогревать детали перед цинкованием до 150°
Осадок имеет дендриты	а) Высокая плотность тока; б) малое содержание цинка в электролите	а) Снизить плотность тока; б) добавить сернокислый цинк
	Цинкатные электролиты	
Осадок темный и губчатый (рыхлый)	а) Малое содержание олова в электролите; б) слишком высокая концентрация олова; в) слишком низкая концентрация цинка; г) повышенная плотность тока; д) пониженная температура электролита	а) Добавить олово; б) проработать электролит постоянным током; в) добавить окись или гидроокись цинка; г) снизить плотность тока; д) довести температуру до 50—55°
На отдельных участках поверхности деталей темные непокрытые места — пятна	Деталь экранируется другой деталью или подвеской	Правильно расположить детали на подвеске, избегая прикосновений их друг с другом и с подвеской
Осадок темного цвета	Загрязнение электролита примесями, главным образом железом в виде гидроокиси	Дать электролиту отстояться, отдекантировать его и проработать током
Отсутствие покрытия на всей поверхности детали; выделение водорода также отсутствует	а) Короткое замыкание на ванне; б) нарушение контактов	а) Устранить короткое замыкание; б) прочистить катодные штанги и крючки на подвесках

Продолжение табл. 76

Неполадки	Причины	Устранение
Отсутствие покрытия на всей поверхности детали; при низкой плотности тока выделение водорода также отсутствует	Присутствие в электролите окислителей: а) азотнокислых солей; б) перекиси водорода	а) Электролит заменить свежим; б) проработать электролит постоянным током или на некоторое время прекратить работу
Осадок отсутствует в местах сварки или в углублениях детали, изготовленной из легированной стали и обдутой песком	Указанный материал и обработка способствуют снижению перенапряжения водорода, вследствие чего выделение последнего облегчается, а осаждение цинка затрудняется	а) Повысить плотность тока, не превышая допустимого предела; б) добавить к электролиту около 10 *г/л* цианистого калия; в) поверхность детали предварительно покрыть тончайшим слоем олова (из щелочного электролита)
Появление на анодах пленки, сопровождающееся обильным выделением кислорода	а) Недостаток едкой щелочи в электролите; б) высокая анодная плотность тока; в) заземление ванны, вследствие чего через аноды проходит ток большой силы	а) Откорректировать электролит; б) увеличить поверхность анодов; в) устранить заземление
Быстрое снижение концентрации цинка в электролите	а) Недостаточное содержание едкой щелочи, вследствие чего усиливается гидролиз цинката и гидрат окиси цинка выпадает в осадок; в) пассивирование анодов и низкий анодный выход по току	а) Добавить в электролит едкую щелочь и довести содержание окиси цинка до концентрации, указанной в рецепте; б) прочистить аноды и увеличить их поверхность

Цианистые электролиты

Осадок хрупкий	а) Наличие в электролите органических примесей; б) высокая концентрация цинка; в) малая концентрация цианида и щелочи; г) высокая температура электролита	а) Проработать электролит током; б) снизить концентрацию цинка; в) добавить цианистый натрий и едкий натрий; г) снизить температуру
Осадок темного цвета	Наличие в электролите примесей свинца и железа	Проработать электролит током, отфильтровать или отдекантировать
Обильное выделение водорода на катоде; низкий выход по току	а) Слишком высокая катодная плотность тока; б) избыток цианида или недостаток цинка в электролите	а) Снизить плотность тока; б) ввести в электролит окись или гидрат окиси цинка
На анодах образуется пленка; низкий анодный выход по току	а) Недостаток свободного цианида; б) высокая анодная плотность тока	а) Добавить цианистый натрий; б) увеличить поверхность анодов
Содержание цинка в электролите быстро уменьшается	Низкий анодный выход по току	Увеличить анодную поверхность, зачистить аноды, добавить цианистый натрий
Содержание цинка в электролите быстро увеличивается	Низкий катодный выход по току при высоком анодном выходе	Уменьшить катодную плотность тока; прекратить добавку цианистых солей

Таблица 77

Продолжительность осаждения слоя цинка определенной толщины из цианистой ванны при выходе по току 70%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин.				
	Плотность тока в *а/дм²*				
	0,50	1,0	2,0	4,0	5,0
0,001	9,5	5	2,4	1,2	1
0,002	19,0	10	4,8	2,4	2
0,003	28,5	15	7,2	3,6	3
0,004	38,0	20	9,6	4,8	4
0,005	47,5	25	12,0	6,0	5
0,006	57,0	30	14,4	7,2	6
0,007	66,5	35	16,8	8,4	7
0,008	76,0	40	19,2	9,6	8
0,009	85,5	45	21,6	10,8	9
0,01	95	50	24	12	10
0,02	190	100	48	24	20
0,03	285	150	72	36	30
0,04	380	200	96	48	40
0,05	475	250	120	60	50
0,06	570	300	144	72	60
0,07	665	350	168	84	70
0,08	760	400	192	96	80
0,09	855	450	216	108	90
0,1	950	500	240	120	100

Таблица 78

Продолжительность осаждения слоя цинка определенной толщины из кислой ванны при выходе по току 92%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин.				
	Плотность тока в *а/дм²*				
	1,0	2,0	3,0	0	5,0
0,001	3,75	1,87	1,25	0,93	0,75
0,005	18,75	9,36	6,25	4,65	3,75
0,01	37,50	18,70	12,50	9,25	7,50
0,05	187,50	93,75	62,50	46,25	37,50
0,1	375,00	187,50	125,00	93,00	75,00

КАДМИРОВАНИЕ

Кадмий — серебристо-белый мягкий металл, по цвету похожий на олово. Удельный вес 8,6. Атомный вес 112,14. Температура плавления 321°. Электрохимический эквивалент 2,096 *г/а-час*. Химически кадмий более устойчив, чем цинк: щелочи его не растворяют, разбавленная серная кислота почти не действует на него, соляная кислота растворяет медленно, а азотная кислота растворяет быстро. Органические кислоты также растворяют кадмий.

Соли кадмия ядовиты, вследствие чего его нельзя применять в качестве покрытия сосудов, применяемых для приготовления и хранения пищевых продуктов.

Кадмирование применяется для: защиты от коррозии во влажной морской атмосфере и в морской воде; покрытия резьбовых и прочих деталей для создания прочной сборки и улучшения притирки рабочих поверхностей; покрытия электрических контактов.

Кадмий осаждается из кислых и цианистых электролитов.

Ввиду плохой рассеивающей способности кислые электролиты применяются только для покрытия изделий правильной геометрической формы.

Состав кислого электролита:

сернокислый кадмий	64 *г/л*
сернокислый аммоний	39 »
сернокислый алюминий	33 »
клей столярный	0,5—4,5 *г/л*

Температура электролита комнатная, плотность тока 0,5—0,8 *а/дм²* pH 3,5—4,5.

Соли кадмия, аммония и алюминия растворяют в теплой воде, дают раствору отстояться, декантируют его и приливают в рабочую ванну, куда добавляют приготовленный заранее раствор клея. После этого прорабатывают электролит под током в течение 8—10 час. при напряжении 1,5—2,0 *в*.

Корректировка электролита в процессе дальнейшей работы заключается в поддержании установленной величины pH и в периодической добавке небольших количеств клея (0,2—0,3 *г/л*).

Состав цианистого электролита:

окись кадмия	45 *г/л*
цианистый натрий	120 »
сернокислый натрий	50 »
сульфированное касторовое масло . .	12 »
(или декстрин 5—7 *г/л*)	
сернокислый никель	1,6 »

Температура комнатная, плотность тока 1,0—3,5 *а/дм²*. Анодная плотность тока в 2—3 раза меньше катодной.

Приготовление электролита. В рабочей ванне, залитой на $^2/_3$ объема теплой (30—40°) водой, растворяют расчетное количество цианистого натрия и при перемешивании вводят окись или свежеприготовленный гидрат окиси кадмия, после растворения которого загружают все остальные компоненты и доливают водой до рабочего объема.

Чтобы приготовить гидрат окиси кадмия, берут на каждый литр электролита 90 *г* сернокислого кадмия и 28 *г* едкого натрия, которые растворяют в отдельных сосудах. После отстаивания и декантации раствор едкого натрия приливают при перемешивании в раствор сернокислого кадмия. Полученный осадок гидрата окиси кадмия отделяют декантацией. Тщательной отмывки осадка от раствора сернокислого натрия не требуется.

Корректировка электролита сводится главным образом к поддерживанию установленной концентрации кадмия и цианистого натрия.

Таблица 79

Продолжительность осаждения слоя кадмия определенной толщины из цианистой ванны при выходе по току 90%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин. Плотность тока в *а/дм²*				
	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
0,001	2,7	1,9	1,3	0,5	0,3
0,002	5,4	3,8	2,6	1,6	1,0
0,003	8,1	5,7	3,9	2,4	1,5
0,005	13,5	9,5	6,5	4,0	2,5
0,01	27,0	19,0	13,0	8,0	5,0
0,025	67,5	47,5	33,4	20,0	12,5
0,05	135,0	95,0	65,0	40,0	25,0
0,10	270,0	190,0	130,0	80,0	50,0

ОЛОВЯНИРОВАНИЕ

Олово — пластичный металл серебристо-белого цвета. Удельный вес 7,31, атомный вес 118,7, температура плавления 231,8°. Электрохимический эквивалент четырехвалентного олова 1,108 и двувалентного 2,216. При температурах около —30° олово переходит в серую модификацию с удельным весом 5,75. На воздухе олово не изменяется, хорошо противостоит действию сероводорода. Соляная кислота растворяет олово, разбавленная серная кислота почти не действует на него, а концентрированная серная кислота растворяет при нагревании. Едкие щелочи растворяют олово с выделением водорода.

Благодаря безвредности олова покрытие им широко применяется в пищевой промышленности для покрытия консервной тары, пищевых котлов, кухонной посуды, мясорубок и т. д. Как защита черных металлов от атмосферной коррозии оловянные покрытия не применяются *.

Оловянирование применяется для: защиты металлов от коррозии в слабо кислых средах; получения белой жести (горячие покрытия), покрытия металлической тары для продуктов питания, посуды и столовых приборов; защиты кабельной проволоки от действия серы при вулканизации; покрытия деталей приборов, аппаратов и механизмов под пайку; местной защиты от азотирования.

* Для улучшения защитных свойств оловянных покрытий, полученных гальваническим путем, рекомендуется подвергать их оплавлению.

Таблица 80

Неполадки при работе электролитов кадмирования и их устранение

Неполадки	Причины	Устранение
	Кислые электролиты	
Осадок шероховатый	Наличие в анодах сурьмы и мышьяка	Сменить аноды, проработать электролит током
На анодах появляется пленка сернокислого свинца	Наличие в анодах свинца	Раз в смену чистить аноды и вынимать их во время перерывов в работе
Осадок грубый шероховатый	Пониженное значение pH	Добавить раствор аммиака
Осадок плохо пристает к поверхности изделия	Пониженное значение pH и повышенная плотность тока	Добавить раствор аммиака. Снизить плотность тока
Осадок темный и губчатый	а) Повышенное значение pH; б) повышенная плотность тока; в) наличие примесей	Добавить раствор аммиака. Снизить плотность тока
На осадке блестящие полосы	Наличие в электролите избыточного количества солей никеля и кобальта	Проработать электролит током
	Цианистые электролиты	
Осадок темный	Примеси олова, свинца, сурьмы или мышьяка	Проработать электролит током при напряжении 1—2 *в* со случайными катодами
Осадок темный и пятнистый	Недостаток цианидов	Добавить цианистый натрий, цианистый калий.
Осадок хрупкий	Недостаток щелочи	Добавить едкий натрий
Осадок пригорелый и шероховатый	Высокая плотность тока, наличие взвешенных частиц в электролите	Снизить плотность тока. Отфильтровать электролит
Блестящие полосы на изделиях	Наличие в электролите органических примесей	Проработать электролит током
Осадок пористый	Наличие в электролите избыточного количества карбонатов	Охладить электролит до —5° и удалить с дна осадок карбоната

Покрытие оловом осуществляется из кислых и щелочных электролитов. В кислых электролитах выход по току достигает 90—96%, в щелочных — 70—80%; рассеивающая и кроющая способность щелочных электролитов значительно лучше.

Состав кислого электролита:

сернокислое олово	50 *г/л*
серная кислота	50 »
сернокислый натрий	50 »
карболовая кислота	5 »
клей столярный	2 »

Температура электролита комнатная, плотность тока 1—2 *а/дм²*.

Корректировка электролита сводится к поддержанию установленной концентрации компонентов, которые в процессе работы постепенно расходуются. Введение добавок клея и карболовой кислоты следует производить каждый раз после 25—30 час. работы ванны в количестве 0,25 *г* клея и 0,5 *г* карболовой кислоты на 1 *л* электролита.

Состав щелочных электролитов:

1. двухлористое олово	40 *г/л*
едкий натрий	60 »

Температура электролита 60—70°, плотность тока 0,5 *а/дм²*

2. четыреххлористое олово	107 *г/л*
едкий натрий	89 »
уксуснокислый натрий	15 »

Температура электролита 65—70°, плотность тока 1,5—2 *а/дм²*.

Таблица 81

Продолжительность осаждения слоя олова определенной толщины из кислой ванны при выходе по току 90%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин.			
	Плотность тока в *а/дм²*			
	1,0	2,0	3,0	5,0
0,001	2,2	1,1	0,8	0,44
0,002	4,4	2,2	1,6	0,88
0,003	6,6	3,3	2,4	1,32
0,005	11,0	5,5	4,0	2,20
0,01	22,0	11,0	8,0	4,40
0,03	66,0	33,0	24,0	13,2
0,05	110,0	55,0	40,0	22,0
0,1	220,0	110,0	80,0	44,0
0,3	660,0	330,0	240,0	132,0
0,5	1100,0	550,0	400,0	220,0
1,0	2200,0	1100,0	800,0	440,0

При приготовлении электролита рассчитанное количество двухлористого или четыреххлористого олова растворяют в небольшом количестве воды при нагревании. В другом сосуде растворяют едкий натрий и приливают его к первому раствору при энергичном перемешивании.

Образующийся небольшой осадок оловянной кислоты удаляют декантацией, к раствору прибавляют воду и уксуснокислый натрий, предварительно растворенный в воде, нагревают раствор до требуемой температуры и приступают к проработке электролита при повышенной анодной плотности тока. Проработку током ведут до полного окисления двувалентного олова и получения светлых мелкокристаллических осадков олова. Продолжительность проработки можно уменьшить при добавлении в раствор перекиси водорода.

При оловянировании в щелочных электролитах решающую роль играет поведение анодов. Их поверхность в процессе работы должна быть покрыта пленкой золотистого цвета, что всегда может быть достигнуто подбором надлежащей анодной плотности тока.

Таблица 82

Продолжительность осаждения слоя олова определенной толщины из щелочной ванны при выходе по току 80%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин.				
	Плотность тока в *а/дм²*				
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
0,001	10,0	5,0	3,3	2,4	1,7
0,002	20,0	10,0	6,6	4,8	3,4
0,003	30,0	15,0	9,9	7,2	5,1
0,005	50,0	25,0	16,5	12,0	8,5
0,01	100,0	50,0	33,0	24,0	17,0
0,02	200,0	100,0	66,0	48,0	34,0
0,03	300,0	150,0	99,0	72,0	51,0
0,05	500,0	250,0	165,0	120,0	85,0
0,1	1000,0	500,0	330,0	240,0	170,0

СЕРЕБРЕНИЕ

Серебро — мягкий, хорошо полирующийся металл, обладающий высокой химической стойкостью против действия щелочей и некоторых органических кислот. Относится к группе драгоценных металлов. Удельный вес 10,5. Атомный вес 107,89. Электрохимический эквивалент 4,025 *г/а-час*. Температура плавления 960°. При обыкновенной температуре на серебро действует хлор и сероводород, от которого оно чернеет. Концентрированная серная кислота при кипячении растворяет серебро. Азотная кислота легко растворяет серебро, особенно при нагревании.

Серебрение применяется для защитно-декоративных покрытий ювелирных изделий, столовых приборов, токопроводящих контактов деталей радио-электроаппаратуры и для покрытия зеркал и рефлекторов.

Таблица 83

Неполадки при работе электролитов оловянирования и их устранение

Неполадки	Причины	Устранение
	Кислые электролиты	
Осадок грубой структуры, с дендритами	а) Большая плотность тока; б) недостаток клея	а) Снизить плотность тока; б) добавить клей
Осадок грубый, рыхлый и губчатый по краям	Недостаток карболовой кислоты	Добавить карболовую кислоту
Усиленное газовыделение на анодах и образование на них плотной гладкой корки	а) Слишком высока анодная плотность тока; б) значительная примесь свинца в анодах	а) Снизить плотность тока; б) очистить аноды щетками; сделать их анализ и при большом содержании свинца сменить аноды
Осадок темный	Наличие в электролите меди (больше 0,1 *г/л*)	Осадить медь на случайные катоды при напряжении 1—1,5 *в*
Осадок неплотный, крупнокристаллический	Недостаток добавок в электролите	Добавить карболовую кислоту и клей в количестве 0,5 *г/л*
Из электролита на дно ванны выпадает осадок	Гидролиз сернокислого олова из-за недостатка серной кислоты	Поддерживать содержание серной кислоты не ниже 30 *г/л*
Олово осаждается неравномерно по глубине ванны	Расслаивание электролита	Несколько раз в смену перемешивать электролит, не взмучивая осадка со дна ванны

	Щелочные электролиты	
Рыхлые осадки при бурном выделении водорода на катоде	Значительный избыток щелочи	Нейтрализовать кислотой и добавить хлористое олово
В электролите появляется белая муть	Недостаток щелочи	Добавить небольшими порциями едкий натрий
Аноды темносерого цвета	Ненормальная работа анодов; возможна примесь свинца в них	Очистить аноды, проверить анализом содержание свинца в них; сменить аноды
Осадок темный и губчатый	а) Повышенная плотность тока; б) избыток свободной щелочи	а) Снизить плотность тока; б) разбавить электролит водой; добавить недостающие компоненты
Осадок темный и губчатый на краях изделий	Присутствие в электролите двувалентных ионов олова	Довести анодную плотность тока до 1—2 *а/дм*². Ввести в электролит перекись водорода
Резко сниженный выход по току при нормальной плотности тока	Избыток свободной щелочи	Довести до нормы количественное соотношение между компонентами

Таблица 84

Весовые соотношения цианистого калия различного процентного содержания в %

98-процентный	80-процентный	70-процентный	60-процентный	45-процентный
1,0	1,23	1,40	1,66	2,18
0,82	1,00	1,14	1,33	1,78
0,71	0,87	1,0	1,17	1,55
0,61	0,74	0,86	1,0	1,45
0,46	0,56	0,64	0,75	1,0

Таблица 85

Продолжительность осаждения слоя серебра определенной толщины при выходе по току 95%

Толщина слоя в *мм*	Продолжительность в мин. Плотность тока в *а/дм²*		
	0,3	0,5	1.0
0,001	5,25	3,2	1,6
0,005	26,25	16,0	8,0
0,01	52,50	32,0	16,0
0,05	262,50	160,0	80,0
0,1	525,0	320,0	160,0

Толщина серебряных покрытий в легких коррозионных условиях эксплуатации должна быть не менее 5 *мк*, в средних — не менее 10 *мк* и в жестких — не менее 20 *мк* [3].

Для серебрения применяются почти исключительно цианистые электролиты, основной составной частью которых является хлористое серебро, растворенное в избытке цианистого калия *. Содержание хлористого серебра и цианистого калия может колебаться в широких пределах.

Рекомендуются следующие составы электролитов и режимы серебрения:

1. Для серебрения толстыми слоями:

хлористое серебро . . . . . 25 *г/л*
цианистый калий (98-процентный) . . . 40 »

Температура комнатная, плотность тока 0,2—0,3 *а/дм²*, напряжение тока 0,75—1,0 *в*.

2. Для обыкновенного серебрения:

хлористое серебро . . . . . 10 *г/л*
цианистый калий (98-процентный) . . . 20 »

* При небольшом объеме работ серебрение можно производить в нецианистом электролите, состоящем из комплексной серебряной соли и иодистого калия. Подробно об этом способе см. в книге А. М. Ямпольского Гальванотехника, Машгиз, 1952.

Таблица 86

Неполадки при работе электролитов серебрения и их устранение

Неполадки	Причины	Устранение
Осадок темный и пятнистый	а) Наличие в электролите взвешенных частиц; б) недостаток цианида в) обеднение электролита серебром	а) Отфильтровать электролит; б) добавить цианистый калий; в) добавить хлористое серебро
Темный налет на анодах	Недостаток цианида	Добавить цианистый калий
Осадок рыхлый и пятнистый	а) Слишком велика плотность тока; б) недостаток серебра в электролите	а) Отрегулировать плотность тока; б) добавить хлористое серебро
Газовыделение на катоде, хрупкий осадок, интенсивное растворение анодов	Избыток цианида	Проработать электролит. Добавить хлористое серебро
Осадок грубокристаллический	Слишком велика плотность тока	Отрегулировать плотность тока
Осадок серебра шелушится	а) Неудовлетворительное амальгамирование; б) недостаток серебра в электролите	а) Проверить состав для амальгамирования, улучшить обезжиривание; б) добавить хлористое серебро

Таблица 87

Вредные примеси в электролитах

Процесс	Электролит	Вредные примеси
Меднение (цианистое)	Щелочной цианистый	Карбонаты после накопления их больше 100 *г/л* Свинец более 0,5 *г/л* Сурьма и мышьяк — следы
Меднение (кислое)	Кислый	Электролит мало чувствителен к обычным загрязнениям цинком, никелем, железом. Вредны: мышьяк, сурьма (следить за чистотой серной кислоты)
Никелирование	То же	Железо свыше 0,1 *г/л*. Медь свыше 0,02 *г/л*. Цинк свыше 0,01 *г/л*. Свинец свыше 0,01 *г/л*. Органические вещества (клей, желатин, полировочная паста и т. п.)
Хромирование	То же	Трехвалентный хром в виде Cr+++ свыше 2% от содержания шестивалентного хрома. Железо свыше 5 *г/л*. Медь свыше 2 *г/л*. Серная кислота свыше 2% от содержания шестивалентного хрома Азотная кислота—следы
Цинкование (кислое)	То же	Соли меди, мышьяка, сурьмы, свинца (при наличии в электролите коллоидов. Железо в избытке. Азотнокислые и другие окислители. Основные соли. Некоторые органические вещества (скипидар, ацетон и др.) в незначительных количествах
Цинкование (цианистое)	Щелочной цианистый	Соли железа, свинца, органические вещества в коллоидном состоянии в значительном количестве, большое количество карбонатов

Продолжение табл. 87

Процесс	Электролит	Вредные примеси
Кадмирование (цианистое)	Щелочной цианистый	Соли свинца, железа, олова, мышьяка, сурьмы, висмута в незначительном количестве. Карбонаты свыше 100 *г/л*
Кадмирование (кислое)	Кислый	Свинец более 0,02 *г/л*. Олово более 0,02 *г/л*. Мышьяк более 0,02 *г/л*. Сурьма более 0,02 *г/л*. Железо более 0,5 *г/л*. Никель более 0,5 *г/л*
Оловянирование	Щелочной станатный	Двувалентное олово свыше 1—2 *г/л*. Повышенное содержание едкого натрия. Карбонаты — после накопления их в большом количестве в ванне. Железо — в значительных количествах
Оловянирование	Кислый	Хлор свыше 1 *г/л*. Медь свыше 1 *г/л*. Мышьяк и сурьма—следы. Свинец свыше 0,4 *г/л*.

Температура комнатная, плотность тока 0,1—0,3 *а/дм*^{2}.

В качестве анодов применяются пластины из чистого серебра. Отношение катодной поверхности к анодной должно составлять 1 : 1.

Хлористое серебро получают путем прибавления раствора поваренной соли или соляной кислоты к раствору азотнокислого серебра, в результате чего образуется белый творожистый осадок (хлористое серебро). Этот осадок отделяют от раствора методом декантации и промывают его два-три раза водой. Промытый осадок переносят в заранее приготовленный раствор цианистого калия, где он растворяется, после чего разбавляют водой до требуемого объема.

Осаждение и промывание хлористого серебра следует производить в темном помещении и для приготовления электролита брать дистиллированную или кипяченую воду.

Корректирование электролита в процессе серебрения производится путем добавки цианистого калия и серебряной соли в зависимости от данных химического анализа электролита. При отсутствии аналитических данных обычно добавляют один раз в декаду 5 *г/л* цианистого калия и один раз в месяц 5 *г/л* хлористого серебра.

При отсутствии 98-процентного цианистого калия его можно заменить более слабым, согласно табл. 33, содержащей весовые соотношения цианистого калия различного процентного содержания.

Таблица 88

Способы снятия недоброкачественных покрытий

Металл покрытия	Металл изделия	Способ снятия	Применяемые растворы	Концентрация в %	Режим снятия: Температура в °С	Режим снятия: Плотность тока в *а/дм²*	Режим снятия: Материал катодов	Материал подвесочных приспособлений
Медь	Сталь	Химический	Хромовый ангидрид Сернокислый аммоний	25—35 10—12	18—20	—	—	Железо
Медь, латунь	То же	Электрохимический на аноде	Серная кислота Хромовый ангидрид	1—2 10—15	18—20	3—8	Железо и свинец	Медь
Никель	Сталь, латунь, медь	То же	Серная кислота Глицерин	80 6 *г/л*	18—20	3—8	Свинец	То же
То же	То же	То же	Солянная кислота Хлористый натрий	5 3	18—20	5—8	Бронза	Бронза
Хром	Сталь, никель	То же	Едкий натрий	10—15	50—70	5—10	Железо	Железо
То же	Медь, латунь	Химический	Солянная кислота	50	18—20	—	—	—
Цинк	Сталь	То же	Серная кислота или солянная кислота	5—10 5—10	18—20 18—20	—	—	—
Кадмий	То же	То же	Азотнокислый аммоний	10—15	18—20	—	—	—
Олово	То же	Электрохимический	Едкий натрий	5—6	60—75	1	Железо	Железо
Серебро	Медь или медные сплавы	Электрохимический на аноде	Электролит для серебрения	—	20—30	0,5	Медь, латунь	То же

Вместо цианистого калия можно пользоваться цианистым натрием. В этом случае требуемое количество цианида, рассчитанное по калию, следует уменьшить на 25%.

Амальгамирование. Для обеспечения прочного сцепления серебра с основным металлом рекомендуется перед процессом серебрения изделия амальгамировать, т. е. покрывать их тонким слоем ртути. Это осуществляется путем погружения изделий на несколько секунд в раствор, содержащий 10 *г/л* азотно-кислой закиси ртути с добавлением небольшого количества азотной кислоты, или в раствор, содержащий 10 *г/л* цианистой ртути и 15 *г/л* цианистого калия.

После амальгамирования на поверхности изделий не должно быть черных пятен, наличие которых свидетельствует о неудовлетворительной подготовке поверхности.

После амальгамирования изделия промывают в проточной воде и быстро переносят в ванну серебрения.

Продолжительность осаждения слоя серебра определенной толщины приведена в табл. 85.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ

Методы химического контроля толщин медных, никелевых и многослойных покрытий по ГОСТ 3003-50

(Взамен ГОСТ 2997-45 и ГОСТ 3003-45)

Методы контроля. Устанавливаются следующие три метода химического контроля толщины покрытий:

1. Метод струи по продолжительности действия раствора.
2. Метод струи по объему израсходованного раствора.
3. Метод капли.

Подготовка покрытия к испытанию. Поверхность покрытия на детали перед испытанием обезжиривают, протирая пастой, состоящей из окиси магния или смеси окиси магния с негашеной известью и воды, тщательно промывают струей воды и просушивают фильтровальной бумагой или теплым воздухом, очищенным от пыли.

Детали с верхним слоем никеля после обезжиривания протирают ватой, смоченной раствором соляной кислоты в воде (1 : 1) для снятия пассивной пленки, которая может образоваться, промывают водой и просушивают.

При наличии на подконтрольном образце верхнего слоя хрома, последний растворяют в концентрированной соляной кислоте, причем для ускорения начала растворения рекомендуется коснуться хромированной поверхности цинковой палочкой.

Перед испытанием детали выдерживают в помещении пока их температура не уравняется с температурой последнего.

В случае испытания деталей методом струи проверяемые участки поверхности деталей изолируют от остальной поверхности (во избежание растекания раствора) лаком, нанося последний параллельными полосками (в направлении стекания раствора) на расстоянии, примерно, 3 *мм* одну за другой.

Определение толщины покрытия методом струи по продолжительности действия раствора. Участок покрытия растворяется под действием раствора, вытекающего с определенной скоростью и падающего на поверхность испытуемой детали в виде струи.

Расчет толщины покрытия производится по времени, затраченному на растворение покрытия на испытуемом участке.

Реактивы:

железо хлорное $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ . . . . по ГОСТ 4147-48;
медь сернокислая $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. . . по ГОСТ 4165-48.

Рецептура (см. табл. 89).

При испытании обезжиренную деталь укрепляют под углом 45° ± 5° к направлению струи тока, чтобы испытуемый участок находился на расстоянии 4—5 *мм* от капиллярного наконечника.

Секундомер включают одновременно с открыванием кранов, и пускают струю раствора короткими периодами.

Число секунд, в течение которых действует струя, суммируют. Отмечают температуру раствора.

При испытании многослойных покрытий отдельно отмечают время, затраченное на растворение каждого слоя покрытия, и ведут подсчет толщины.

Местную толщину покрытия (h) в микронах определяют по формуле

$$h = \frac{t}{t_k},$$

где h — местная толщина покрытия в микронах;
t — продолжительность действия струи в сек.;
t_k — скорость растворения покрытия толщиной в 1 *мк* при определенной температуре в сек., найденная по таблице.

Толщины никелевых покрытий, полученных из электролитов, содержащих нафталиндисульфокислоту ($h_{н.б}$), определяют в микронах по формуле

$$h_{н.б} = \frac{1{,}4 \cdot t}{t_k}.$$

Чтобы установить, что осадки блестящего никеля действительно получены из электролитов, содержащих нафталиндисульфокислоту, на покрытие наносят каплю раствора, состоящего из следующих компонентов:

хромовый ангидрид CrO_3 по ГОСТ 3776-47 . . . . 20 *г*
серная кислота H_2SO_4 по ГОСТ 4204-48 . . . . . 10 *мл*
вода дистиллированная . . . . . 100 »

Если по истечении 3 мин. капля окрашивается в темнокоричневый цвет, то это служит доказательством того, что покрытие получено из ванны, содержащей нафталиндисульфокислоту.

Толщины медных покрытий, полученных из цианистых электролитов ($h_{м.ц}$), определяют по формуле

$$h_{м.ц} = \frac{1{,}35 \cdot t}{t_k}.$$

Толщины медных подслоев в покрытиях медь—никель и никель—медь—никель ($h_{м.ц}$) определяют в микронах по формуле

$$h_{м.ц} = \frac{1{,}45 \cdot t}{t_k}.$$

Толщины медных подслоев, полученных только из цианистых электролитов в покрытиях медь—никель и никель—медь—никель ($h_{м.н.ц.}$) определяют в микронах по формуле

$$h_{м.н.ц} = \frac{2{,}8 \cdot t}{t_k}.$$

В случае комбинированного медного подслоя толщину покрытия подсчитывают по коэффициентам для медных покрытий, осажденных из сернокислых электролитов.

Значения t и t_k те же, что и в формуле для определения h.

Определение толщины покрытия методом струи по объему израсходованного раствора. Участок покрытия растворяется под действием раствора, вытекающего с определенной скоростью и падающего на поверхность испытуемого покрытия в виде струи. Расчет толщины покрытия производится по объему раствора, израсходованного на растворение покрытия на испытуемом участке.

Прибор для определения местной толщины состоит из бюретки (ГОСТ 1170-42) емкостью 50 *мл* с ценой наименьшего деления 0,1 и стеклянным краником, к которому снизу на стеклянной трубке прикрепляют резиновую.

Капиллярная трубка представляет собой толстостенную барометрическую трубку длиной 55 ± 5 *мм* с внутренним диаметром 1,5—2 *мм*. Капиллярная трубка калибруется таким образом, чтобы при открытии краника за 30 сек. выливалось из бюретки 10 ± 0,1 *мл* воды при температуре 18—20° С, считая от нулевого деления.

Перед каждым испытанием наполняют бюретку до нулевого деления.

Струю раствора пускают при полностью открытом кране бюретки и отмечают объем истраченного раствора.

Местную толщину покрытия h в микронах определяют по формуле

$$h = \frac{v}{v_k},$$

где h — местная толщина покрытия в микронах;
v — общий объем раствора, израсходованного для определения толщины в *мл*;
v_k — объем раствора, необходимый для растворения 1 *мк* покрытия при отмеченной температуре.

Точность метода ±15%.

Реактивы и рецептуру см. в табл. 90.

Определение толщины покрытия методом капли. Участок покрытия растворяется последовательно наносимыми и выдерживаемыми в течение определенного времени каплями растворителя.

Метод капли применяется в тех случаях, когда метод струи оказывается непригодным.

Реактивы:
железо хлорное $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ по ГОСТ 4147-48;
медь сернокислая $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ по ГОСТ 4165-48;
кислота уксусная ледяная CH_3COOH по ГОСТ 61-40;
серебро азотнокислое $AgNO_3$ по ГОСТ 1277-41.
Рецептуру см. в табл. 89.

Таблица 89

Характеристика растворов и величины *K* при определении толщины покрытий струйно-периодическим методом

Вид покрытия	Состав раствора		Конец испытания	Значения K для температур (в сек.)				ГОСТ и литературный источник
	Компоненты	Концентрация в *г/л*		10°	15°	20°	25°	
Цинк	Азотнокислый аммоний Сернокислая медь Соляная кислота (1 N раствор)	70 7 70 *мл/л*	До образования сплошного пятна контактной меди	2,03	1,75	1,55	1,33	ГОСТ 3290-44
Кадмий	Азотнокислый аммоний Соляная кислота (1 N раствор)	17,5 17,5 *мл/л*	До обнажения основного металла	5,55	5,0	4,3	3,55	[28]
Медь	Хлорное железо Сернокислая медь	300 100	То же	2,06	1,56	1,08	0,82	ГОСТ 3003-50
Никель	Хлорное железо Сернокислая медь	300 100	До образования сплошного пятна контактной меди	5,14	3,00	1,92	1,49	ГОСТ 3003-50
Хром	Хлорное железо Сернокислая медь Соляная кислота (уд. вес 1,19) Серная кислота (уд. вес 1,84) Этиловый спирт (безводный)	60 30 220 *мл/л* 100 » 100 »	То же	—	10,0	6,5	5,4	[27]
Свинец	Уксусная кислота (ледяная) Перекись водорода (5-процентный раствор) Вода	1 объем 1 » 3 объема	До обнажения основного металла	1,22	1,22	1,05	0,95	[28]
Серебро	Иодистый калий Иод кристаллический	250 7,5	То же	—	2,94	2,48	2,22	[28]

Расчет толщины покрытия производится по числу затраченных капель по формуле

$$h_м = (h - 1) \cdot h_k \text{ мк},$$

где h — число капель, которое требуется для обнажения участка основного металла;

h_k — толщина покрытия, снимаемая при данной температуре одной каплей в течение одной минуты.

Значение h_k для различных температур находим по табл. 91.

Точность метода ± 20%.

Методы химического контроля толщин цинковых покрытий (по ГОСТ 2390-44)

Подготовку поверхности покрытия к испытанию, описание струйных и капельных методов определения местной толщины покрытия см. в ГОСТ 3005-45.

Реактивы для контроля по струйному методу:

1) азотнокислый аммоний по ОСТ 2601;
2) соляная кислота по ОСТ НКТП 7348/52/п;
3) сернокислая медь по ОСТ 10538-39.

Рецептуру см. в табл. 88, 89 и 90.

Реактивы для контроля по капельному методу:

1) иодистый калий по ОСТ НКТП 7384/538;
2) иод кристаллический по ОСТ НКТП 6277/257.

Рецептура и значения h_k для различных температур приведены в табл. 91.

При определении капельным методом толщин блестящих цинковых покрытий в расчетную формулу вводят поправочный коэффициент, равный 0,8:

$$h_м = 0{,}8\,(h - 1)\,.\,h_к \text{ мк}.$$

Определение толщин цинковых покрытий методом снятия. Метод снятия применяется для очень мелких деталей, а для крупных деталей лишь при необходимости определить среднюю толщину покрытия.

Толщину покрытия определяют по разности в весе изделия до и после снятия покрытия. Взвешивание испытуемой детали производится с точностью до ± 0,002 *г*.

Реактивы:

серная кислота по ОСТ НКТП 3573;

мышьяковистый ангидрид (химически чистый).

Для приготовления раствора в серной кислоте, содержащей 23 *мл* H_2SO_4 (уд. вес 1,84) в 1 *л*, растворяют при нагревании мышьяковистый ангидрид в количестве 4 *г/л*. Полученный раствор охлаждают и разбавляют вдвое.

Для каждого определения пользуются свежим раствором.

Расчет средней толщины:

$$h_{ср} = \frac{(G_1 - G_2) \cdot 10000}{7{,}1 \cdot S},$$

где G_1 — вес изделия до снятия покрытия в *г*;

G_2 — вес изделия после снятия покрытия в *г*;

S — поверхность обработки в *см*²;

7,1 — удельный вес цинка.

Таблица 90

Характеристика составов и условий определения толщины покрытий струйно-объемным методом

Вид покрытия	Состав раствора: Компоненты	Состав раствора: Концентрация в *г/л*	Конец испытания	Значения v_k для температур в *мл*: 10°	15°	20°	25°	№ ГОСТ
Цинк	Азотнокислый аммоний Соляная кислота (1 N раствор) Сернокислая медь	70 70 *мл/л* 7	До образования сплошного пятна контактной меди	0,713	0,626	0,563	0,492	ГОСТ 2390-44
Медь	Хлорное железо Сернокислая медь	300 100	До обнаружения основного металла	0,478	0,384	0,282	0,226	ГОСТ 3003-50
Никель	Хлорное железо Сернокислая медь	300 100	До образования сплошного пятна контактной меди	1,200	0,738	0,501	0,411	ГОСТ 3003-50
Олово	Хлорное железо Сернокислая медь Соляная кислота (1 N раствор)	15 30 60 *мл/л*	То же	0,373	0,340	0,305	0,273	ГОСТ 3263-46

Таблица 91

Характеристика составов и условий определения толщины покрытий капельным методом

Вид покрытия	Состав раствора: Компоненты	Состав раствора: Концентрация в *г/л*	Время выдержки одной капли и конец испытания	Значения h_k для температур в *мк*: 10°	15°	20°	25°	№ ГОСТ и литературных источников
Цинк	Иодистый калий Иод кристаллический	200 100	По 1 мин. до обнажения основного металла	0,78	1,01	1,24	1,45	ГОСТ 2390-44
Кадмий	То же	—	То же	—	1,9	2,3	—	[29]
Медь	Азотнокислое серебро	44	По 1 мин. до образования сплошного пятна металлического серебра	0,79	0,89	1,08	1,20	ГОСТ 3003-50
Никель	Хлорное железо Сернокислая медь Уксусная кислота (80-процентный раствор)	150 100 250 *мл/л*	По 1 мин. до образования сплошного пятна контактной меди	0,51	0,61	0,70	0,75	ГОСТ 3003-50
Олово	Хлорное железо Сернокислая медь Уксусная кислота (80-процентный раствор	90 146 348 *мл/л*	По 0,5 мин. до образования сплошного пятна контактной меди	1,39	1,54	1,75	1,90	ГОСТ 3263-46
Свинец	Азотная кислота (уд. вес 1,4)	420	По 0,5 мин. до обнажения основного металла	—	—	1,35	—	[28]
Серебро	Азотная кислота (уд. вес 1,4) Вода	500 *мл/л* 500 »	То же	—	—	3,0	—	[28]

Примечания. 1. При определении толщины блестящих цинковых покрытий для величины K вводят поправочный коэффициент, равный 0,8. 2. При определении толщины никелевого покрытия менее 3 *мк* время выдержки одной капли сокращают до 15 сек. Величину K принимают равной 0,3 *мк* за 15 сек.

Методы химического контроля толщин оловянных покрытий

(по ГОСТ 3263-46)

Подготовку поверхности покрытия к испытанию, описание струйных и капельных методов определения местной толщины покрытия см. в ГОСТ 3005-45

Реактивы, рецептуры и значение h_k для различных температур см. в табл. 88, 89 и 90.

Магнитный метод определения толщин гальванических покрытий. Принцип действия магнитных толщемеров состоит в том, что толщина слоя покрытий определяется по изменению силы отрыва магнита от основного ферромагнитного металла или металла, обладающего меньшей, чем основной металл детали, магнитной проницаемостью.

Толщина покрытия на испытуемых деталях устанавливается по градуировочным кривым, построенным для данного конкретного прибора по специальным эталонам с известной толщиной слоя покрытия.

Наиболее широкое применение получили магнитные приборы УФТИ, проф. Акулова и Вихмана *.

Магнитные методы позволяют, сравнительно с капельным и другими химическими методами, быстрее определить толщину покрытия без разрушения последнего.

Методы определения пористости гальванических покрытий **.

Поры в гальванических покрытиях выявляются нанесением на испытуемую поверхность реактивов, которые не дают окраски при действии на металл покрытия, а, проникая через поры покрытия к основному металлу, дают с ним окрашенные соединения. Поры обнаруживаются в виде окрашенных точек.

Для определения пористости всех видов гальванических покрытий стальных деталей, кроме покрытия цинком, алюминием и оловом, нанесенными на медь и латунь, применяют следующие реактивы:

железосинеродистый калий $K_2Fe(CN)_6$	10 *г/л*
хлористый натрий NaCl	15 »
желатина	3—5 »

Для контроля пористости покрытий цинком, алюминием и оловом, нанесенными на медь и латунь, применяют раствор:

железосинеродистый калий $K_4Fe(CN)_6$	40 *г/л*
сернокислый натрий $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	2 »

Производство испытания. Полоски фильтровальной бумаги размером 20 × 50 *мм* смачивают раствором и плотно накладывают на обезжиренную поверхность (участок) покрытия, подлежащую испытанию, на 5—10 мин., или в этот раствор погружают деталь, приключив ее к анодной шине ванны. В качестве катода загружают свинцовую пластину.

Выдержка в ванне 5 мин. После промывки детали определяют количество цветных точек на 1 *см*² ее поверхности.

* Подробное описание магнитных приборов см. в работе С. И. Орловой и Д. С. Абрамсон.

** Контроль пористости цинковых покрытий см. ГОСТ 3265-46, оловянных — ГОСТ 3264-46 и многослойных — ГОСТ 3247-46.

Колбы с растворами для определения пористости хранят в темном месте.

Методы испытания прочности сцепления покрытия с основным металлом приведены в табл. 92.

Таблица 92

Испытание прочности сцепления покрытия с основным металлом [27]

Наименование изделий	Метод испытания
Листовой металл	Образец изгибается на угол 90 и 180° (один или несколько раз) до поломки образца. Затем с помощью лупы исследуют линию излома. Сцепление покрытия считается хорошим, если прочная связь покрытия с основным металлом сохранилась на 95% длины излома
Детали	На поверхности испытуемого покрытия от руки наносится стальным острием ряд пересекающихся между собой царапин. Если покрытие в местах пересечения царапин не отслаивается и не задирается, сцепление считается хорошим
Проволока	Проволоку наматывают вокруг оправки диаметром определяемым толщиной проволоки и ее назначением. В результате испытания не должно происходить отслаивания покрытия

Глава пятая

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ И НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

ВАННЫ СТАЦИОНАРНЫЕ

Устанавливаемые в гальванических цехах стационарные ванны являются основным оборудованием и имеют следующие назначения.

1. Для подготовки поверхности изделий перед покрытием: обезжиривания, травления, декапирования, нейтрализации, горячей и холодной промывок.

2. Для проведения процессов гальванических покрытий в кислых и щелочных электролитах.

3. Для обработки изделий после покрытий: улавливания электролита, нейтрализации, осветления, горячей и холодной промывок.

В цехах со значительной производственной программой процессы гальванических покрытий механизируются путем применения колоколов, барабанов, ковшевых ванн, полуавтоматов и автоматов.

Размеры ванн определяются в зависимости от формы и размера изделий и требуемой пропускной способности.

Кроме того, следует учитывать:

1. При изделиях сложной конфигурации (формы) на 1 $м^2$ площади покрытия должно приходиться 200—250 *л* электролита, а если изделие имеет вид листа — 100—150 *л*.

2. Отношение площади катодов к единице объема ванны должно составлять от 3 до 5, т. е. на 1 $дм^2$ площади покрытия нужно от 3 до 5 *л* электролита.

Величина тока для различных типов и размеров гальванических ванн приведена в табл. 93.

Пользуясь данными таблицы, следует учитывать, что указанные величины тока приведены исходя из условий допускаемой объемной плотности тока, при которой не наблюдается перегрева электролита от тепловых потерь [13].

Расстояние между дном ванны и изделием должно быть не менее 50—100 *мм*. Над изделием должен быть слой электролита не менее 50 *мм*, а расстояние от краев ванны до поверхности (зеркала) электролита 100—150 *мм*.

В табл. 93 приводятся технические данные и габариты наиболее характерных конструкций стационарных ванн, широко применяемых в практике гальванических цехов.

При применении ванн отклонения от номинальных размеров допускаются:

1) для ванн длиной до 3000 *мм* ± 5 *мм* (по длине);
2) для ванн длиной от 3000 до 5000 *мм* ± 8 *мм* (по длине)
3) для ванн длиной свыше 5000 *мм* ± 12 *мм* (по длине).
4) для всех размеров ванн по ширине и высоте ± 5 *мм*.

Таблица 93

Примерные значения величины тока для гальванических ванн *

Объем в *л*	Размеры ванн в *мм*	Максимальный рабочий ток в *а*	
		для ванн хромирования	для ванн прочих покрытий
150	600×500×600	300	250
240	800×600×600	500	350
300	1000×600×600	750	400
500	1200×700×700	—	500
730	1500×750×750	1000	600
1000	1800×800×800	1500	750
1120	2000×800×800	2000	1000

Корпус ванны сваривается электродуговой или газовой сваркой; швы корпуса сплошные, валиковые, нормальные; на ваннах длиной 5000 *мм* швы усиленные.

Верхний бортовой угольник сваривается с кромкой стенок корпуса сплошным нормальным швом, а к плоскости стенок приваривается прерывистым швом с шагом от 100 до 200 *мм*.

Плотность сварных швов проверяется керосином. Обнаруженные дефектные места вырубаются до основного металла и завариваются вновь.

Подчеканка швов не допускается. Ванну испытывают на отсутствие мест просачивания воды заливкой ванны водой не менее чем на 12 час. После испытания и приемки ванны очищаются стальными щетками с наружной и внутренней сторон и смазываются натуральной олифой для защиты от ржавления.

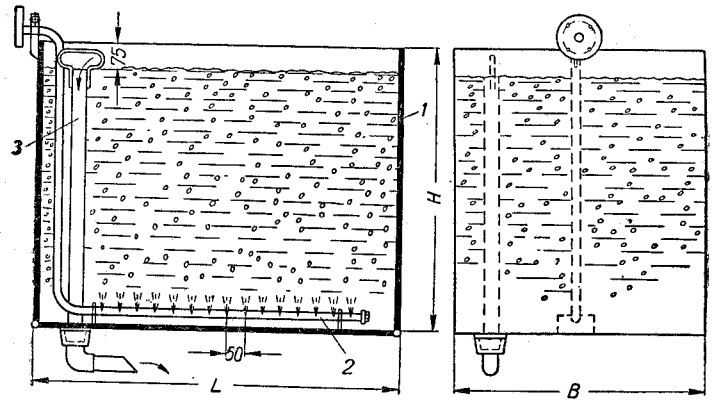
Тип I. *Ванна для промывки холодной водой* (фиг. 19). Бак сварной конструкции имеет барботер (дырчатую трубу) для воздушного перемешивания и простое удобное сливное устройство.

Тип II. *Ванна для промывки горячей водой* (фиг. 20). Бак сварной конструкции с теплоизоляционной рубашкой, заполненной шлаковой или стеклянной ватой. Имеет паровой змеевик и сливное устройство.

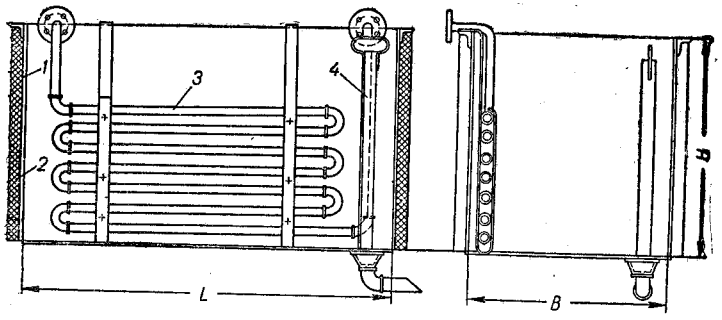
Тип III. *Ванна для декапирования, нейтрализации, осветления и подобных операций.* Бак сварной конструкции, корпус которого в зависимости от характера раствора изготовляется из материала, стойкого против коррозионного воздействия, либо облицовывается внутри соответствующим материалом. Не имеет сливного устройства.

Тип IV. *Ванна для обезжиривания* (фиг. 21). Бак сварной конструкции с теплоизоляционной рубашкой, наполненной шлаковой или стеклянной ватой. Раствор нагревается змеевиком, который располагается у вертикальной стенки с рабочей стороны. При вертикальном положении змеевик отделяется от общей массы раствора железным щитом, не доходящим до дна ванны на 100—150 *мм*. Верх щита находится также на 100—150 *мм* ниже уровня раствора.

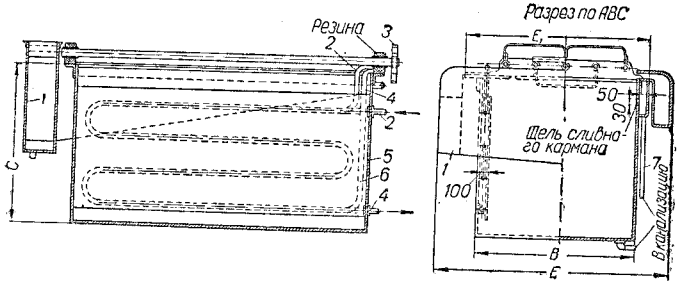
* От этих данных возможны отклонения в сторону увеличения примерно до 30%.



Фиг. 19. Ванна для промывки холодной водой:
1 — корпус ванны; *2* — барботер; *3* — сливное устройство.

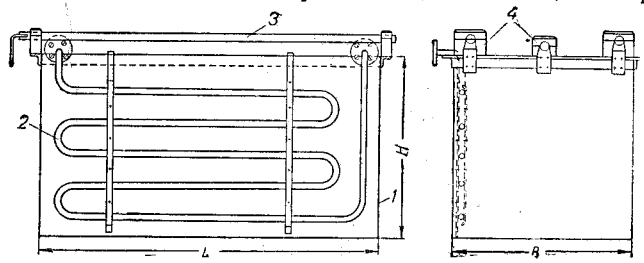


Фиг. 20. Ванна для промывки горячей водой:
1 — корпус ванны; *2* — теплоизоляция из плаковой ваты; *3* — змеевик; *4* — сливное устройство.



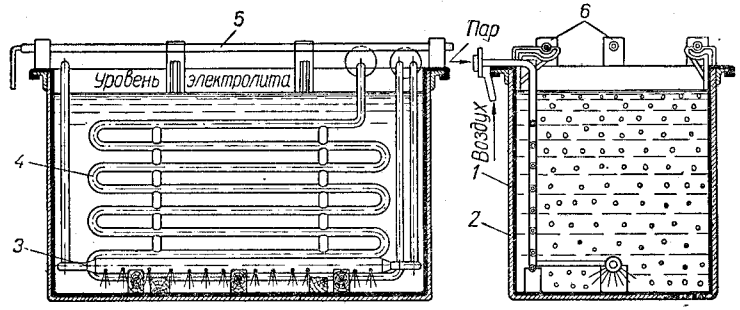
Фиг. 21. Ванна для обезжиривания:
1 — вентиляционный кожух; *2* — ввод пара; *3* — изолятор; *4* — вывод конденсата; *5* — корпус ванны; *6* — змеевик; *7* — сливная труба.

В противоположной стенке ванны сделан сливной карман, через который удаляется в канализацию жировая пена, всплывающая наверх.



Фиг. 22. Ванна для металлопокрытий из цианистых электролитов:
1 — корпус ванны; *2* — змеевик; *3* — штанги; *4* — изоляторы для штанг.

При электрохимическом обезжиривании или при использовании ванны для снятия хрома на аноде на ней устанавливаются катодные и анодные штанги. Для удобства слива отработанного раствора в дне ванны сделана спусковая пробка.



Фиг. 23. Ванна для металлопокрытий из кислых электролитов;
1 — корпус ванны; *2* — футеровка (винипласт или резина); *3* — барботер из свинцовых или винипластовых труб; *4* — свинцовый змеевик; *5* — штанги; *6* — изоляторы для штанг.

Тип V. *Ванна для металлопокрытий из щелочных и цианистых электролитов* (фиг. 22). Бак сварной конструкции, оборудован железным змеевиком, вентиляцией и токоподводящими штангами из круглой латуни диаметром 25—30 *мм*.

Штанги укреплены на изоляторах, сделанных из твердых пород дерева, проваренного в парафине, или из текстолита.

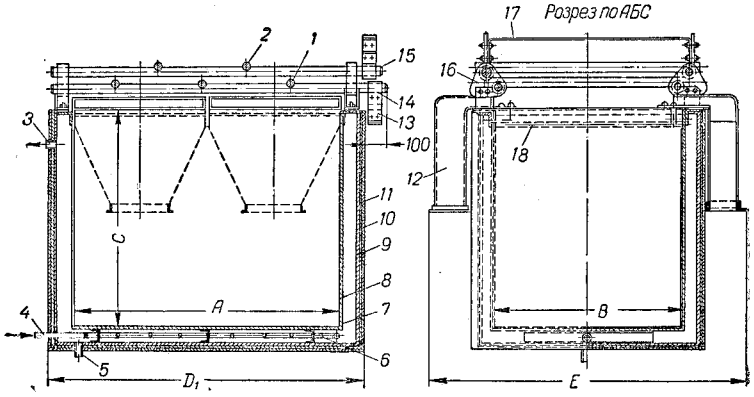
Тип VI. *Ванна для металлопокрытий из кислых электролитов* (фиг. 23). Бак сварной конструкции оборудован токопроводящими штангами, свинцовым змеевиком и свинцовым барботером (дырчатой трубой). В зависи-

мости от назначения ванны материал для внутренней облицовки выбирают по табл. 98.

В случае применения подогрева до 50° и перемешивания ванна снабжается вентиляционным кожухом.

Тип VII. *Ванна для хромирования* (фиг. 24). Процесс хромирования требует равномерного нагрева электролита и постоянства температуры его во время работы.

Конструктивно это разрешается паро-водяной рубашкой, образованной между двумя баками, из которых один вставлен в другой. Подогрев



Фиг. 24. Ванна для хромирования:

1 — штанга анодная поперечная; *2* — штанга катодная поперечная; *3* — переливной патрубок, *4* — ввод пара и воды; *5* — сливной патрубок; *6* — барботер, *7* — футеровка ванны—свинец, *8* — корпус ванны; *9* — паро-водяная рубашка; *10* — теплоизоляция; *11* — обкладка; *12* — вентиляционный кожух; *13* — контактный хомутик; *14* — штанга анодная продольная; *15* — штанга катодная продольная; *16* — изолятор; *17* — катодная шина; *18* — анодная шина.

и регулирование температуры воды в рубашке осуществляется острым паром или охлаждением водой, подаваемой через барботер (дырчатые трубки). В верхней части кожуха приваривается переливной патрубок для отвода в канализацию избытка воды Продольная и поперечная конструкция анодных и катодных штанг позволяет легко изменять расстояние между хромируемыми деталями и анодами.

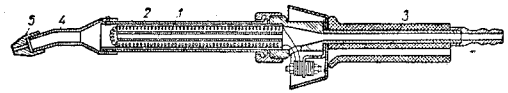
Технологическая характеристика ванн приведена в табл. 97.

Хорошим облицовочным материалом для гальванических ванн (кислых и щелочных), за исключением ванн хромирования, является винипласт *, выпускаемый отечественными заводами в широком ассортименте (листы, трубы, фасонные части и т. д.) [6].

Винипласт в пределах 50—60° стоек против всех растворов и электролитов, примеяемых в гальванотехнике, из него можно изготовлять гальванические ванны и применять его для внутренней облицовки ванн, нагреваемых до 60° Изделия и заготовки из винипласта легко склеиваются хлорвиниловым лаком и свариваются между собой, приклеиваются к металлу,

* Удельный вес 1,38, негорюч, плавится при 200°.

дереву и бетону. Нагрев винипласта при сварке производится с помощью специального сварочного пистолета (фиг. 25) струей горячего воздуха при температуре у сопла 230—270°, а в месте сварки (5—10 *мм* дальше сопла) — 200°. Присадочным материалом служат винипластовые прутки. При сварке винипласта применяют швы: встык, угловой, валиковый или внахлестку.



Фиг. 25. Общий вид сварочного пистолета:

1 — керамическая трубка, *2* — гильза; *3* — трубка; *4* — наконечник; *5* — сопло.

Химическая стойкость винипласта приведена в табл. 94, характеристика кислотостойких лаков дана в табл. 95 и 96.

Таблица 94

Химическая стойкость винипласта и винипластовой фольги

Наименование среды	Предельная концентрация в %	Предельная температура в °С	Наименование среды	Предельная концентрация в %	Предельная температура в °С
Серная кислота	40 80 90	40 60 20	Плавиковая кислота	40	20
			Щелочи едкие .	50—60	60
Соляная кислота	Любая	40—60	Перекись водорода	30	20—50
Азотная кислота	50	50	Спирт этиловый.	Любая	40
Уксусная кислота	30	—	Бензин	—	20—40
Фосфорная кислота	Свыше 30	60	Смазочные и растительные масла	—	60

Таблица 95

Перхлорвиниловые лаки

Название	ТУ	Состав лака и длительность высыхания	Применение
Лак ОНИЛХЗ	МХП 1250-48	Раствор перхлорвиниловой смолы в смеси хлорбензола и дихлорэтана с пластификатором хлорпарафином; высыхает при 20° через 4—5 час.	Антикоррозионная окраска аппаратов и коммуникаций; приклейка винипласта и пластиката

Продолжение табл. 95

Название	ТУ	Состав лака и длительность высыхания	Применение
Лак ХСЛ1	РТУ МХП 208-49	Раствор перхлорвиниловой смолы в смеси хлорбензола и дихлорэтана с пластификатором хлорпарафином; высыхает при 20° через 4—5 час.	Антикоррозионная окраска аппаратов и коммуникаций; приклейка винипласта и пластиката.
Эмаль ХСЭ26	ВТУ МХП 1777-48	Раствор перхлорвиниловой и алкидной смол в органических растворителях с добавлением пластификатора и пигмента; высыхает при 20° через 4—5 час.	То же. Наносится на металл по грунту, а также и без него
Эмаль ХСЭ93	—	То же, что лак ХСЛ1, но с добавкой пигмента (железный сурик) и талька	То же
Грунтовка ХСГ26	ВТУ МХП 1807-50	Раствор перхлорвиниловой смолы и пластификатора в органических растворителях с добавкой наполнителей (барий и т. п.); высыхает при 20° через 1—2 часа	Грунт под эмаль ХСЭ26

Таблица 96

Состав и применение лаков

Название лака, ГОСТ или ТУ	Состав и продолжительность высыхания	Применение
Праймер (приготовляют на месте работ)	Раствор битума № 4 в бензине. Для нанесения первого слоя лака соотношение битума к бензину равно 1 : 3, а для второго 1 : 1. Высыхает при 20° через 24 часа	В качестве грунта для окраски металлических и бетонных поверхностей

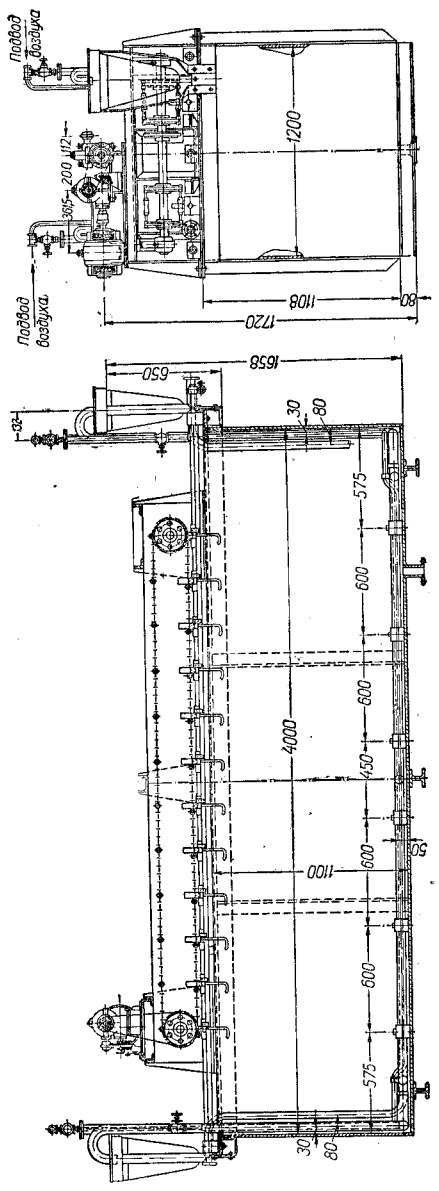
Продолжение табл. 96

Название лака, ГОСТ или ТУ	Состав и продолжительность высыхания	Применение
Каменноугольный лак (кузбасслак), ГОСТ 1709-42	Раствор каменноугольного пека в ароматических соединениях. Высыхает при 20° через 24 часа	Для окраски металлических поверхностей
Лак 411 кислотостойкий, ГОСТ 1347-41	Раствор асфальта и растительного масла в скипидаре, уайт-спирите, сольвент-нафте и др. Высыхает при 20° через 48 час.	Для окраски внешней поверхности аппаратуры, арматуры, металлоконструкций, воздуховодов и трубопроводов
Лак 177, ТУ НКХП 333-44	Раствор черной смолы и растительного масла в летучих растворителях. Высыхает при 20° через 48 час.	То же
Лак черный Ч-2, ГОСТ 2347-43	Раствор асфальта, растительного масла и сиккатива в органических растворителях. Высыхает при 200° через 1 час	То же. Лак Ч-2 наносят по грунту лака Ч-1 (ГОСТ 2346-43)

По литературным данным [15], некоторые авторемонтные заводы, а также ремонтно-подшипниковые заводы применяют стальные ванны хромирования без облицовки свинцом. В этом случае для предохранения внутренней (рабочей) части ванн от разрушения хромовой кислотой следует до начала работы хромовый электролит проработать током, включая корпус ванны в электрическую цепь постоянного тока в качестве анода. На катодную штангу завешивают случайные катоды. При напряжении тока не выше 4 *в* и температуре 20—25° проработку ведут в течение 8—12 час.

При такой проработке электролита на внутренней части ванны образуется нерастворимая защитная пленка хромовокислого железа, которая предохраняет стенки ванны от разрушения. На время проработки уровень электролита должен быть возможно выше с тем, чтобы при проработке ванны защитная пленка была (на 50—60 *мм*) выше рабочего уровня электролита.

При проработке электролита одновременно образуется необходимое для нормальной работы хромового электролита количество трехвалентного хрома.

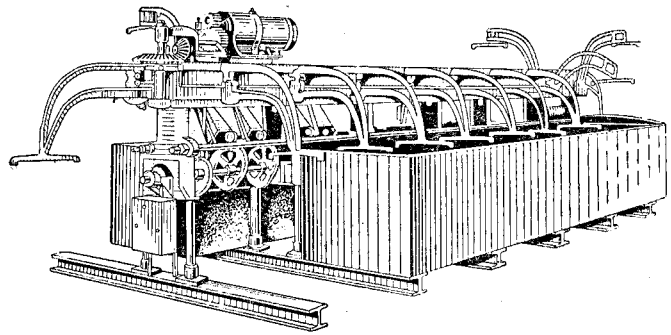


Фиг. 26. Прямолинейный полуавтомат типа ПД-1 конструкции «Металлохимзащита» (общий вид).

Прямолинейный полуавтомат ПД-1 (конструкции «Металлохимзащита»). Прямолинейный полуавтомат (фиг. 26) состоит из прямоугольной ванны. На угольниках торцевых бортов ванны устанавливаются круглые медные анодные штанги и квадратные медные катодные штанги.

Подвески с деталями, завешиваемые в ванну, перемещаются по катодным штангам от одного торца ванны к другому при помощи пластинчатых цепей, получающих движение от четырех приводных звездочек, надетых на приводной вал.

Регулировка продолжительности процесса осуществляется с помощью сменных звездочек, надетых на червячные редукторы.



Фиг. 27. Овальный автомат (общий вид).

Скорость главной цепи при передаточном отношении 1 : 1 равна примерно 0,25 *м/мин.*; емкость полуавтомата 4000 *л*.

Кольцевая ванна. Кольцевая ванна представляет собой полуавтомат, состоящий из круглой ванны, в которой катодная штанга изогнута в кольцо.

От двигателя через конические шестерни передается катодному и внутреннему анодному кольцам вращение в разные стороны. Скорость вращения этих колец равна 1 об/мин.

Кольцевые полуавтоматы применимы для процессов покрытия, продолжительность которых невелика, когда время, за которое катодное кольцо делает один полный оборот, соответствует продолжительности процесса покрытия.

Овальный автомат, модель А. Овальный автомат (фиг. 27) представляет собой расположенный наклонно транспортер, передвигающий подвески с деталями из ванны в ванну.

Транспортер имеет прерывистый ход.

Передвижные рычаги, на которых помещаются подвески, изготовлены из литого алюминия и снабжены электрическими контактами, проводящими ток силой в 1500 *а* каждый.

Производительность автомата 30—50 *м²/час.*

Овальный автомат может быть использован для покрытия любым (из применяющихся) металлом.

Таблица 97

Технологическая характеристика гальванических и вспомогательных ванн

Назначение ванны	Процесс	Характеристика раствора	Тепловой режим в °С	Способ подогрева	Потребность			Материал внутренней облицовки	Материал корпуса ванны
					вентиляции	канализации	подводки постоянного тока		
Для промывки холодной водой	Промывка	Проточная вода со следами кислот и щелочей	Не обусловлен	Нет	Нет	Непрерывный слив в канализацию	Нет	Материал корпуса ванны	Сталь или дерево
Для промывки горячей водой	То же	То же	От 60 до 90	Змеевик из железных труб или острый пар	По желанию может быть применен зонт	Непрерывный или периодический слив в канализацию	Нет	То же	То же
Для нейтрализации	Химический	Щелочной	Не обусловлен	Нет	Нет	Периодически при смене раствора	Нет	То же	То же
Для декапирования	То же	Кислый	То же	Нет	Нет	То же	Нет	Винипласт или резина	То же
Для улавливания электролита	Промывка	Зависит от характера улавливаемого электролита	То же	Нет	Нет	Нет	Нет	Винипласт	То же
Для осветления цинка и кадмия	Химический	Азотная, серная кислоты или хромовый ангидрид	То же	Нет	Нет	Периодически при смене раствора	Нет	Алюминий, керамика или винипласт	Алюминий, керамика или винипласт
Для химического обезжиривания	То же	Щелочной	От 70 до кипения	Змеевик из железа или электроподогреватель	Вентилируется	То же	Нет	Материал корпуса ванны	Сталь
Для электролитического обезжиривания или электролитического снятия хрома	Электролитический	То же	От 60 до 90	То же	То же	То же	Подводится	То же	То же
Для меднения, латунирования, цинкования, кадмирования в цианистом электролите	То же	Щелочной, цианистый	От 18 до 35 и выше	Змеевик из железа	Вентилируется	Нет	То же	То же	То же
Для оловянирования в щелочном электролите	То же	То же	70—80	То же	То же	Нет	То же	То же	То же
Для серебрения	То же	То же	18—25	Нет	То же	Нет	То же	Винипласт, резина, керамика	Сталь или дерево

Продолжение табл. 97

Назначение ванны	Процесс	Характеристика раствора	Тепловой режим в °С	Способ подогрева	Потребность			Материал внутренней облицовки	Материал корпуса ванны
					вентиляции	канализации	подводки постоянного тока		
Для меднения в кислом электролите	Электролитический	Кислый	От 18 до 50	Змеевик из свинца	Вентилируется при перемешивании и подогреве до 50°	Нет	Подводится	Винипласт, резина, перхлорвиниловый лак, диабазовые плитки	Сталь или дерево
Для цинкования, кадмирования оловянирования свинцевания в кислом электролите и никелирования	То же	То же	От 18 до 50	То же	То же	Нет	То же	Винипласт, резина, перхлорвиниловый лак	То же
Для хромирования	То же	То же	От 45 до 74	Паро-водяная рубашка, электроподогреватели	Вентилируется	Слив воды из пароводяной рубашки	То же	Рольный свинец, в отдельных случаях не облицовывается	Сталь
Для травления черных металлов при температуре выше 50°	Химический	Сильно кислый	Выше 50	Освинцованный змеевик или острый пар	То же	Периодически при смене раствора	Нет	Рольный свинец (только для серной кислоты), кислотоупорная плитка на битуме, диабазовая плитка на диабазовой замазке	Дерево, бетон, сталь
Для травления черных металлов при температуре до 50°	То же	То же	До 50	То же	То же	То же	Нет	Винипласт, перхлорвиниловый лак, кислотоупорная плитка, диабазовая плитка	То же
Для травления меди и медных сплавов	То же	То же	18—20	Нет	То же	То же	Нет	Винипласт, керамика, эмаль	Сталь, керамика

Таблица 98

Материалы, рекомендуемые для футеровки аппаратуры гальванических цехов

Группа ванн	№ ванны	Назначение ванны	Наименование или состав электролита	Температура в °С	Материал футеровки: Асбовинил	Винипласт	Перхлорвиниловые лаки	Полиизобутилен	Резина	Метлахские и диабазовые керамиковые плитки в один слой на битуминоле	Метлахские и диабазовые керамиковые плитки в один слой по битум-рубероидной изоляции: На битуминоле	На кислотоупорном цементе	Кислотоупорный кирпич толщиной в 1/4 кирпича по рубероидной изоляции: На битуминоле	На кислотоупорном цементе	Метлахские и диабазовые плитки в два слоя на кислотоупорном цементе
Ванны для покрытия металлами	1	Кислое меднение	Сернокислая медь 200 г/л Серная кислота 50 г/л	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2	То же	Сернокислая медь 300 г/л Серная кислота 70 г/л	45	+	+	+	+	+	—	—	+	—	+	+
	3 4	Никелирование	Электролит обычного состава	25 60	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ —	+ —	+ —	+ —	+ +	+ +
	5	Кислое цинкование	То же	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	Оловянирование	Сернокислое олово 50 г/л Серная кислота 50 г/л Сернокислый натрий 50 г/л	35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	7	Кислое кадмирование	Электролиты обычного состава	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	8	Хромирование	Хромовый ангидрид 250 г/л Серная кислота 2,5 г/л	60	+	+	+	—	—	—	—	+	—	—	+
	9	Серебрение	Цианистый электролит	25	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—
Ванны для снятия покрытий, электрохимического травления и декапирования	10	Химическое травление малоуглеродистой стали	Серная кислота 75—100 г/л Соляная кислота 125 г/л Присадка КС 3 г/л	60	+	+	+	+	+	—	—	—	—	+	+
	11	Предварительное травление меди и ее сплавов	Азотная кислота 1 л Серная кислота 1 л Хлористый натрий 1—2 г	25	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	Последующее травление меди и ее сплавов	Азотная кислота 1 л Серная кислота 1 л Соляная кислота 20 мл	—											
	13	Химическое декапирование стали	3—5-процентный раствор серной или соляной кислоты	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

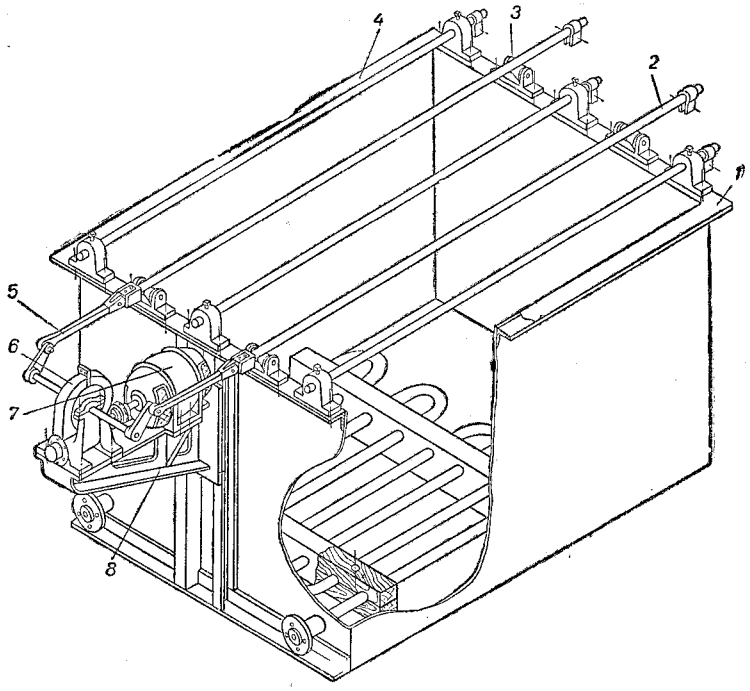
Продолжение табл. 98

Группа ванн	№ ванны	Назначение ванны	Наименование или состав электролита	Температура в °С	Материал футеровки: Асбовинил	Винипласт	Перхлорвиниловые лаки	Полиизобутилен	Резина	Метлахские и диабазовые керамиковые плитки в один слой на битуминоле	Метлахские и диабазовые керамиковые плитки в один слой по битум-рубероидной изоляции: На битуминоле	На кислотоупорном цементе	Кислотоупорный кирпич толщиной в 1/4 кирпича по рубероидной изоляции: На битуминоле	На кислотоупорном цементе	Метлахские и диабазовые плитки в два слоя на кислотоупорном цементе
Ванны для снятия покрытий, электрохимического травления и декапирования	14	Снятие медных покрытий	Хромовый ангидрид 25—35 *г/л* Сернокислый аммоний 12 *г/л*	25	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
	15	То же	Хромовый ангидрид 15 *г/л* Серная кислота 1—2 *г/л*	25	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+
	16	Электрохимическое снятие никеля	Серная кислота (уд. вес. 1,84) 80 *г/л* Глицерин 10 *г/л*	25	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+
	17	Снятие цинка	Серная кислота 10-процентный раствор	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
	18	То же	Соляная кислота 10-процентный раствор	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
	19	Электрохимическое травление стали	Серная кислота 15 *г/л* Сернокислое железо 250 *г/л*	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
	20	Снятие кадмия	10—15-процентный раствор азотно-кислого аммония	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
	21	Электрохимическое травление стали	Серная кислота 20 *г/л* Соляная кислота (уд. вес 1,19) 20 *г/л* Хлористый натрий 20 *г/л*	60	+	+	+	+	+	+	—	—	—	+	—
	22	Электрохимическое декапирование стали	Серная кислота 800 *г/л* Хромпик 30 *г/л*	25	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	+

Примечания. 1. Знак (+) означает возможность применения данного вида футеровки; знак (—) — нецелесообразность его применения. 2. Для ванн с размерами меньше 0,8 *м* футеровки кислотоупорным кирпичом нецелесообразны ввиду значительного уменьшения размеров ванн. 3. Нагрев хромовых ванн или охлаждение могут быть осуществлены через паро-водяную рубашку или свинцовый змеевик. 4. Для ванн никелирования в качестве вяжущего вещества можно применять также и портланд-цемент.

Ванна с движущимися катодами (фиг. 28) отличается от стационарной тем, что катоды совершают возвратно-поступательное движение при помощи двух шарниров, соединенных рычагами с электродвигателем, через червячный редуктор.

Приводной механизм установлен на чугунном кронштейне.



Фиг. 28. Ванна с движущимися катодами:

1 — бортовые угольники; *2* — подвижные катодные штанги; *3* — роликовые опоры для катодных штанг; *4* — неподвижные анодные штанги; *5* — шарнирно-соединительные рычаги для передачи возвратно-поступательного движения штангам; *6* — редуктор; *7* — электродвигатель; *8* — плита для установки приводного механизма.

Число ходов катодных штанг в минуту равно 20.

Присоединение прорезиненного шланга для подачи пара и воды к хромовой ванне производится у наружной торцевой стенки ванны.

Присоединение трубопровода к змеевику и барботеру гальванических ванн производится прорезиненным (дюритовым) шлангом на зажимных хомутах. Установка вентиля производится у наружной торцевой стенки ванны.

ВАННЫ КОЛОКОЛЬНЫЕ, КОВШОВЫЕ И БАРАБАННЫЕ

Колокольные, ковшовые и барабанные ванны применяются для массового покрытия металлами небольших изделий.

Применение этого оборудования, позволяющего механизировать процесс, дает возможность интенсифицировать процессы, повысить производительность труда, снизить себестоимость продукции при одновременном обеспечении хорошего качества отделки изделий.

В табл. 99 приведены сравнительные данные производительности специальных ванн.

Таблица 99

Показатели процесса цинкования одной и той же детали в различных ваннах

Показатели	Название ванны			
	Стационарная	Колокольная	Барабанная	Ковшовая
Единовременная загрузка (в шт.)	150	500	1200	1000
Загрузка в смену (в шт.) . . .	1200	1200	3000	4000
Ток (в *а*)	50	50	150	200
Средняя плотность тока (в *а/дм*²)	0,8	0,25	0,30	0,5
Длительность покрытия (в часах)	1	3,5	3	2
Производительность (в %) . .	100	100	250	350
Обслуживание рабочими (в человеко-часах)	8	2	4	4
Производительность труда (в %)	100	400	500	650

Кроме незначительного увеличения производительности труда, сам гальванический процесс в аппаратах массового покрытия обладает рядом положительных качеств *.

1. Уменьшается пористость покрытия, так как движение и трение изделий устраняет прилипание пузырьков водорода к их поверхности.

2. Ликвидируется шероховатость поверхности даже на покрытиях, которые осаждены из электролитов, сильно загрязненных шламом. Гладкая поверхность получается от взаимного трения изделий.

3. Улучшается равномерность слоя покрытия одного изделия, так как выступающие участки его все время меняют свое положение в пространстве относительно силовых линий тока, идущих со стороны анодов.

4. Полученное блестящее покрытие, особенно на мелких изделиях, не нуждается в дополнительном полировании.

Колокольные ванны. Колокольные ванны применяются для покрытия мелких деталей (винтов, гаек, колец и т. д.). Емкость настольных ванн равна 5—15 *л* (фиг. 29).

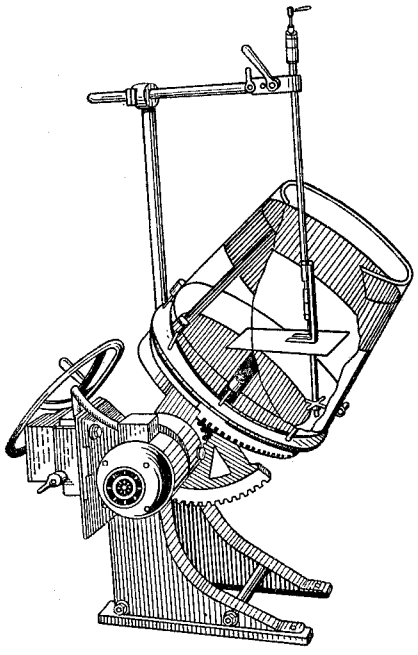
Колокола емкостью от 50 до 120 *л* устанавливаются на фундаментах. Эти колокола отличаются от настольных тем, что для удобства выгрузки они имеют специальное приспособление из зубчатого сегмента с червячным

* Подробно см. в работе М. И. Бондаренко [14].

зацеплением, приводимое в действие маховичком от руки. Это же приспособление служит для установки колокола в любом наклонном положении.

Широкое применение имеют колокольные ванны конструкции «Металлохимзащита» (фиг. 30).

Вес деталей, одновременно загружаемых в колокола, равен 10—15 *кг*; емкость колокола 50—60 *л*; колокол делает 10 об/мин.; мощность электродвигателя 0,55 *квт*.



Фиг. 29. Малогабаритный колокол.

Корпус колокола изготовляется из стали, покрытой резиной, винипластом, или из дерева твердых пород, стянутых железными обручами.

При разгрузке колокол с помощью штурвала наклоняется, детали вместе с электролитом сливаются в специальный бак, откуда после отстаивания и корректировки электролит снова перекачивается в колокол.

Основной недостаток приведенных конструкций колоколов заключается в небольшой емкости электролита, который в процессе работы сильно нагревается и быстро загрязняется. Загрузка и разгрузка колокола сопряжена с заливанием и сливанием электролита. Процесс наращивания металлического слоя происходит медленно.

Наряду с этим имеются и положительные стороны применения колоколов. К ним следует отнести: 1) возможность покрывать самые мелкие изделия; 2) доступность наблюдения за процессом покрытия без перерыва процесса; 3) незначительное механическое воздействие на покрываемые детали, что позволяет покрывать в колоколе резьбовые детали, применяя соответствующее число оборотов.

Техническая характеристика колоколов приведена в табл. 100.

Барабанные ванны. Барабанные ванны представляют собой изготовленный из токонепроводящего материала вращающийся перфорированный цилиндр, который частично или полностью погружен в ванну с электролитом, между анодами. Принципиальная схема устройства ванны приводится на фиг. 31.

В цилиндр *1* засыпаются покрываемые изделия *3*, подключаемые к катоду. Ток от анодов *5* идет через электролит и отверстия цилиндра к пересыпающимся изделиям.

Преимущества барабанной ванны перед колокольной:

1) анодная площадь такая же, как и в стационарных ваннах,

Таблица 100

Характеристика настольных и стационарных колокольных аппаратов

Характеристика аппарата	Единица измерения	Колокольные аппараты покрытия					
		Настольные переносные			Установленные постоянно		
Нижний диаметр	*мм*	190	250	300	450	500	600
Верхний диаметр	»	160	175	200	300	350	400
Глубина	»	190	260	300	450	500	600
Общий объем колокола	*л*	5	10	15	50	70	120
Объем электролита на одну загрузку	»	3	5	8	35—40	35—40	60—70
Вес изделий в одну загрузку	*кг*	0,75—1	1—1,5	1,5—2	10	10	15—18
Величина тока, необходимая на загрузку	*а*	3—10	5—15	10—25	20—25	25—40	50—75
Необходимое напряжение	*в*	6—8	6—8	6—8	10—12	10—12	10—12
Число оборотов	об/мин.	10—15	10—15	10—15	10—12	10—12	8—10
Необходимая мощность двигателя	*квт*	0,1	0,15	0,15	0,25	0,35	0,5

2) создается возможность работать с более высокими плотностями тока без риска перегрева электролита;

3) исключается возможность частых нарушений состава электролита, как это бывает в колокольных ваннах;

4) расход электролита намного меньший;

5) достигается возможность в многокамерных барабанах производить одновременно покрытие различных деталей, не смешивая их.

Недостатком барабанных ванн является сравнительная недолговечность перфорированных стенок.

Конструкция барабанных ванн. Барабаны в основном изготовляются двух типов: 1) полного погружения в электролит (фиг. 32) и 2) частичного погружения в электролит на $^1/_3$ своего диаметра.

Характеристика различных типов барабанных ванн приведена в табл. 101.

Ковшовые ванны. Принципиальная схема устройства ковшовой ванны приведена на фиг. 33. Она состоит из качающегося перфорированного ковша, изготовленного из токонепроводящего материала.

Ковш частично погружен в электролит между анодами.

В ковш засыпаются покрываемые изделия, подключаемые к катоду.

Ток от анодов проходит через электролит на пересыпающиеся изделия со всех сторон.

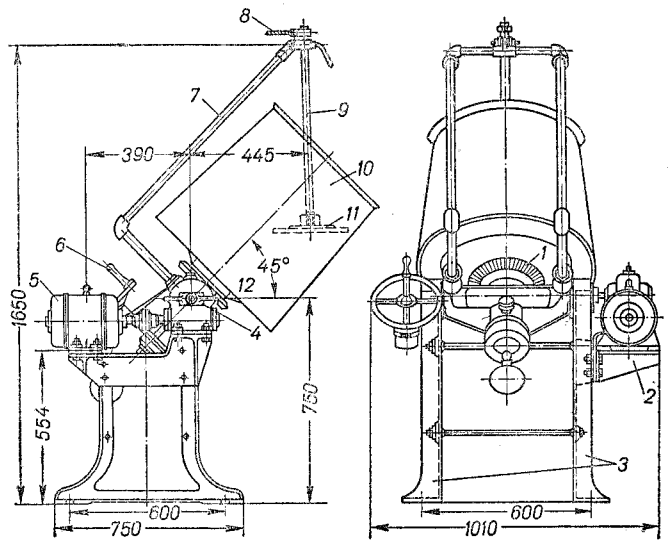
Ковшовые ванны применяются в следующих случаях:

1) если на покрытие поступают изделия, на которые отрицательно влияют значительные сотрясения, вызванные вращением и пересыпанием деталей;

2) если желательно избежать на полированных изделиях царапин и забоин;

3) если детали в колоколах и барабанах нагромождаются в кучу или переплетаются.

Качание ковша производится с помощью привода из зубчаток и цепи, вращаемых электродвигателем (фиг. 34).



Фиг. 30. Колокольная ванна конструкции «Металлохимзащита»:

1 — конические шестерни, *2* — кронштейн; *3* — стойки, *4* — червячный редуктор, *5* — электродвигатель, *6* — штурвал для наклона колокола при разгрузке; *7* — держатель штанги, *8* — гибкий проводник (анодная подводка); *9* — штанга для крепления анодной пластины, *10* — корпус колокола; *11* — анодная пластина из металла покрытия; *12* — медное кольцо (катодная подводка).

Более усовершенствованный ковшовый аппарат имеет подъемное приспособление из конических шестерен и червячного устройства, соединенное с ручным воротом.

Перемешивание и фильтрование электролита. Перемешивание электролита осуществляется пневматическим способом, путем продувания через электролит воздуха с помощью дырчатых труб или механическими мешалками, установленными на борту ванны.

При пневматическом перемешивании давление воздуха должно быть от 0,5 до 1 *ат*.

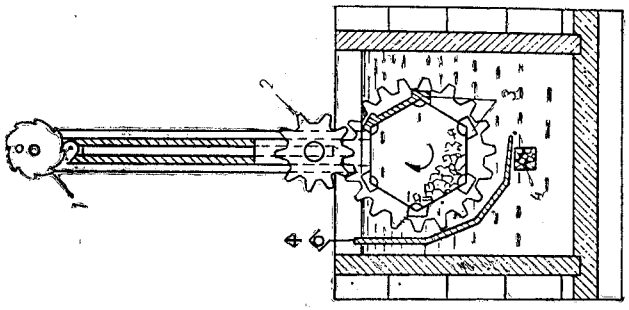
Для очистки подаваемого в электролит воздуха от пыли и масла (от компрессора) его предварительно пропускают через фильтры. Дырчатые трубы для щелочных электролитов могут быть стальными; для кислых растворов они должны быть из винипласта или свинцовые.

Для фильтрации растворов применяются различные устройства.

Таблица 101

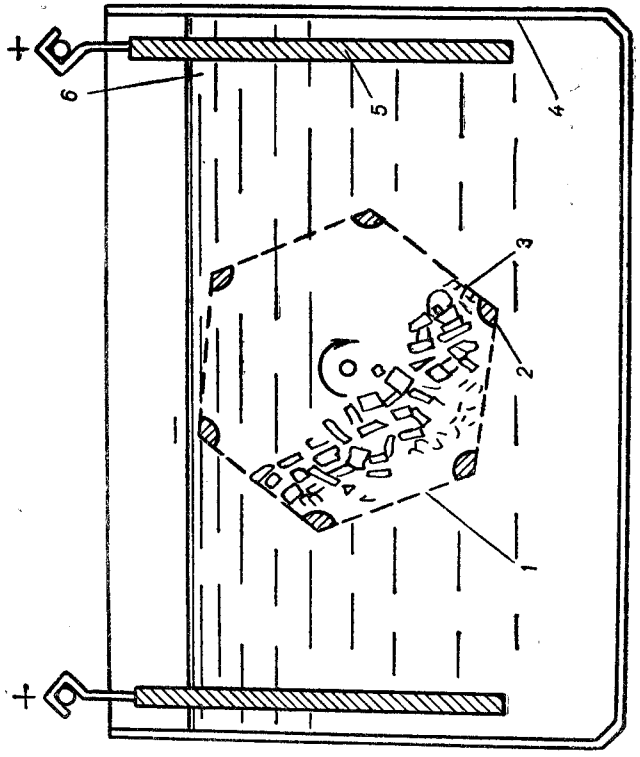
Характеристика различных типов барабанных ванн

Параметры	Единицы измерения	Барабаны частичного погружения в электролит на 1/3 своего диаметра		Барабан с подъемным механизмом и промывочной ванной	Барабаны полного погружения				
					Для всевозможных видов изделий, шестигранные			Специальные для покрытия велосипедных спиц и подобных изделий, пятигранные	
		шестигранный	круглый		двухкамерный	трехкамерный	двухкамерный	трехкамерный	
Размеры ванны для погружения барабана:									
длина	*мм*	550	550	900	970	1300	970	1300	
ширина	»	600	600	800	550	620	550	620	
глубина	»	700	700	800	800	800	800	800	
Объем электролита	*л*	150	150	400	250	550	250	550	
Размеры барабана:									
диаметр	*мм*	230	300	500	270	360	210	210	
длина	»	450	450	600	730	1000	670	1000	
Вес загружаемых изделий	*кг*	5	9	25	20	50	1000	1500	
Наибольшая допустимая нагрузка по весу	»	12	20	40	30	60	40	50	
Число оборотов барабана	об/мин.	10—15	10—15	8—10	8—15	5—10	8—15	8—15	
Потребная мощность двигателя	*квт*	0,15	0,15	0,5	0,15	0,25	0,15	0,25	
Величина тока	*а*	30—40	50—75	100—150	80—200	100—250	75—100	100—150	
Напряжение в зависимости от рода покрытия	*в*	6—10	10—12	10—12	8—12	8—12	8—12	8—12	



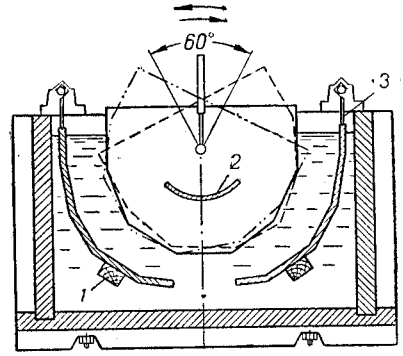
Фиг. 32. Поперечный разрез барабанной ванны полного погружения с контактированием катодными шинами:

1 — храповик; *2* — текстолитовая шестерня; *3* — катодные шины; *4* — упорная рейка для анодов.



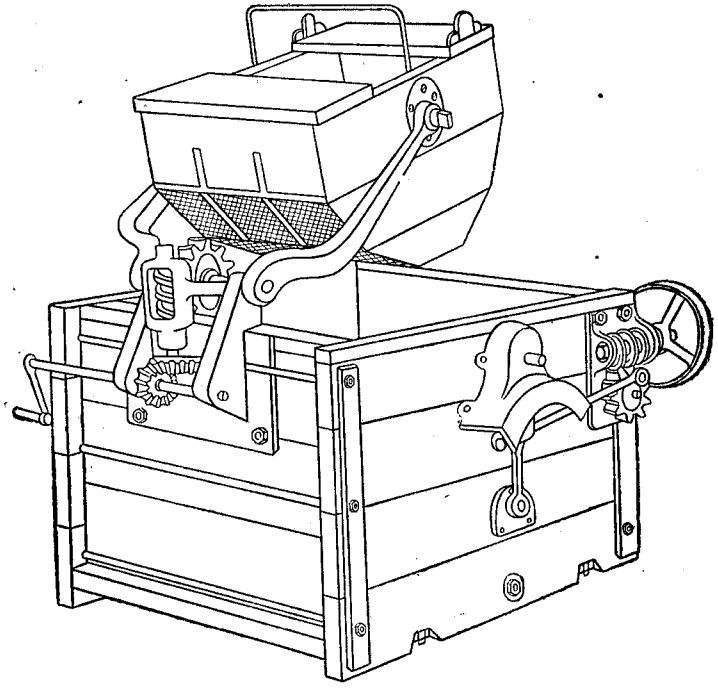
Фиг. 31. Схема устройства барабанной ванны:

1 — кожух с отверстиями; *2* — катодная штанга; *3* — изделия; *4* — корпус ванны; *5* — анод; *6* — электролит.



Фиг. 33. Схема устройства ковшовой ванны:

1 — подпорная рейка для наружных анодов; *2* — внутренний анод; *3* — наружный анод.



Фиг. 34. Ковшовая ванна с качанием ковша электродвигателем при помощи привода и зубчаток.

Таблица 102

Характеристика качающихся ковшей

Характеристика	Единицы измерения	Качающийся ковш		
		с ручным подъемом	с подъемом рычагом или другим способом	
Ванна для погружения в нее ковша:				
длина	*мм*	650	720	900
ширина	»	520	650	1100
глубина	»	420	550	700
Ковш:				
длина	»	380	550	750
ширина	»	380	460	570
глубина	»	250	420	520
Емкость электролита в ванне	*л*	100	300	600
Объемная загрузка ковша изделиями	*кг*	5—10	15—25	20—30
Предельная весовая загрузка изделиями	»	7	25	45
Движение аппарата	Число ходов в минуту	10	3	3
Угол качания	град.	60	60	60
Потребная мощность двигателя	*квт*	0,5	0,75	1,0
Потребная величина тока для:				
никелирования	*а*	35—60	75—125	100—150
цинкования	»	75—120	150—200	250—400
Необходимое напряжение для:				
никелирования	*в*	4—6	6—8	6—8
цинкования	»	6—8	8—10	8—10

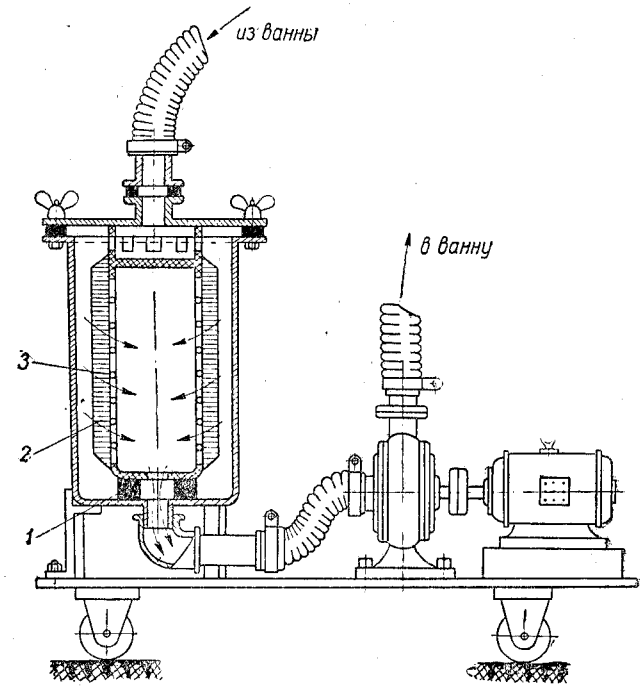
Электролит откачивается со дна ванны, пропускается через фильтр и подается очищенный по трубам в верхнюю часть ванны (фиг. 35).

Фильтрующим материалом, в зависимости от реакции раствора, служит полотно, фланель, очищенный войлок, асбест, стеклянная вата или пористая керамика.

Приспособления для завешивания деталей [11]. Для завешивания деталей в ванну применяются специальные приспособления — рамки. Устройство этих подвесок зависит от числа и конфигурации деталей, которые подвешиваются на рамке, и может быть самым разнообразным. Конструкция подвесок должна удовлетворять следующим требованиям: обеспечению хорошего контакта, что достигается закреплением деталей пружинными или винтовыми зажимами; давать возможность располагать детали в рамке так, чтобы они не мешали друг другу при покрытии, а также, чтобы образовавшиеся газы легко удалялись с поверхности деталей и не создавали «газовых мешков». Кроме этого, должны быть обеспечены удобства и быстрота сборки и разборки деталей из приспособлений.

Контактные крючки, штыри и пружины, на которые крепятся детали, рекомендуется делать из проволоки из фосфористой бронзы. Упругие свойства этого материала обеспечивают хороший электрический контакт и надежно удерживают деталь на подвеске.

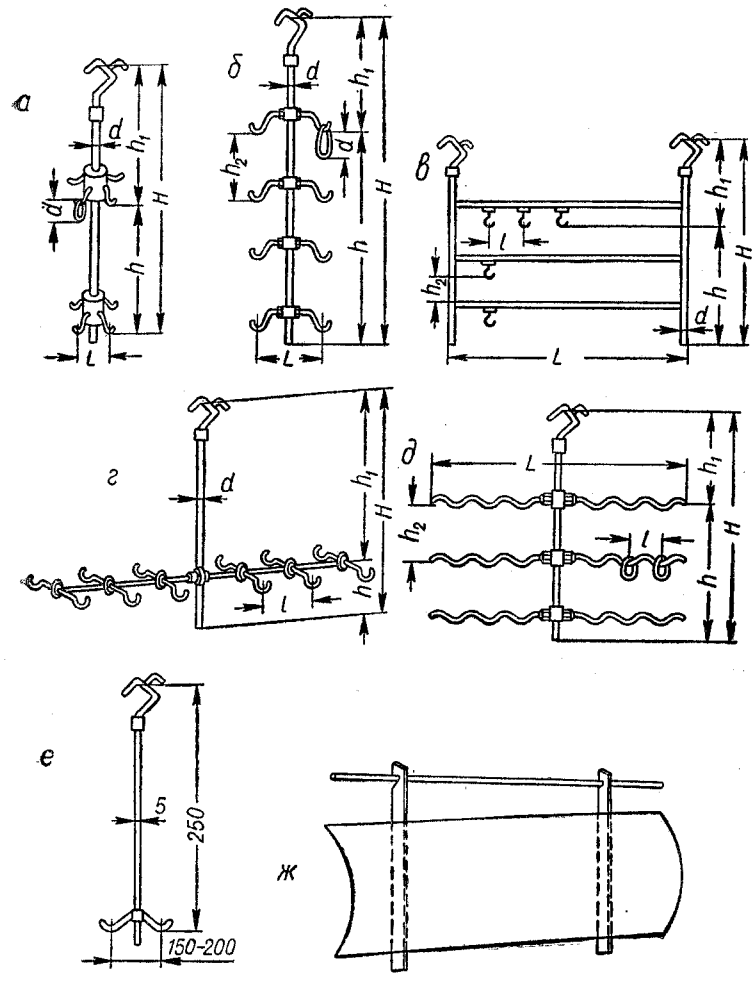
Общие требования к конструкции подвесок для завески деталей в ванны следующие. В качестве материала для подвесок рекомендуется



Фиг. 35. Схема передвижной фильтрационной установки:
1 — резиновые прокладки; *2* — войлочный цилиндр; *3* — дырчатый металлический цилиндр.

применять железо, несмотря на то, что оно менее электропроводно, чем медь, латунь и алюминий. При использовании железных подвесок они растворяются в ваннах травления, декапирования и электролитического обезжиривания (при анодной обработке) с образованием наименее вредных примесей (солей железа). Подвески из цветных металлов более активно растворяются в растворах и электролитах, образуя соли, вредно действующие на некоторые электролиты гальванических ванн; особенно чувствительны к таким примесям никелевые электролиты.

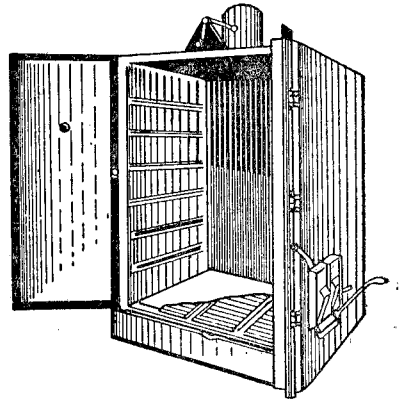
Сечение подвесок должно быть достаточным, чтобы свободно проводить ток необходимой величины. Для того чтобы железные подвески были достаточно электропроводны, сечение их рассчитывается из условий



Фиг. 36. Типовые подвески для завешивания изделий в гальванические ванны.

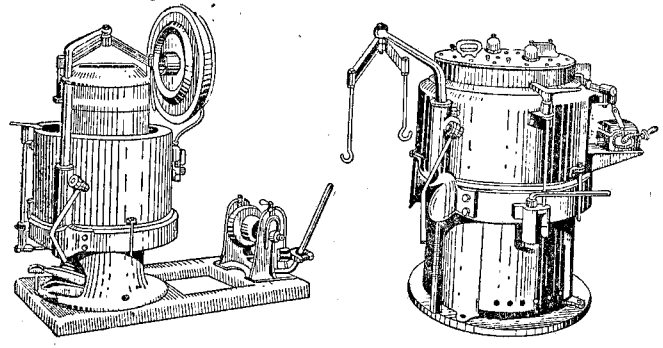
0,7—1,0 *а/мм*²; при несоблюдении этого условия возможно в процессе осаждения нагревание подвесок.

В целях снижения непроизводительных потерь вследствие обрастания металлом покрытия и связанных с этим потерь постоянного тока подвески необходимо изолировать, за исключением мест контактов. Изоляция приспособлений применяют гуммирование, покрытие цапонлаком, перхлорвиниловым лаком, кинопленкой, размягченной в ацетоне, пластикатом, полихлорвиниловой лентой; для этой цели пригодны также хлорвиниловые или резиновые трубки.



Фиг. 37. Сушильный шкаф с электроподогревом.

На фиг. 36 изображены некоторые типы подвесок, применяемых при гальванических покрытиях.



Фиг. 38. Типы центрифуг для сушки деталей с подъемной корзиной.

Для сушки изделий применяются: сушильные шкафы с паро- или электроподогревом (фиг. 37) и центрифуги (фиг. 38).

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Низковольтные двигатель-генераторы. В качестве источников постоянного тока в гальванических цехах применяют низковольтные двигатель-генераторы напряжением 6/12 и 9 *в*.

Двигатель-генераторы напряжением 6/12 *в* марки ЯЭМЗ до 1500 *а* изготовляются с самовозбуждением: питание обмотки возбуждения осуществляется от главных якорных болтов через шунтовой реостат.

Двигатель-генераторы на 4000 *а* и выше имеют отдельный возбудитель в виде динамомашины напряжением 110 *в*, которую устанавливают на общей фундаментной плите с двигатель-генератором и приводят в движение от общего двигателя ременной передачей.

Технические данные о двигатель-генераторах приведены в табл. 103.

Таблица 103

Характеристика низковольтных двигатель-генераторов

Тип агрегата	АНД 500—250	АНД 1000—500	АНД 1500—750	АНД 5000—2500
Тип генератора	НД 500—250	НД 1000—500	НД 1500—750	НД 5000—2500
Основные показатели:				
Напряжение в *в*	6/12	6/12	6/12	6/12
Величина тока в *а*	500—250	1000—500	1500—750	5000—2500
Мощность в *квт*	3	6	9	30
Число оборотов в минуту	1445	970	970	725
Тип электродвигателя	МКБ-13/4	МКМБ-15/6	МКМБ-17/6	МКА-25/8
Мощность двигателя в *квт*	5,5	8,7	11,5	38
Тип регулировочного реостата	РШ-1	РШ-1	РШ-1	РШ-3
Вес агрегата в *кг*	370	640	900	1900
Габаритные размеры фундаментной плиты в *мм*	1385×450 1290×450	1955×580 1667×580	1955×580 1667×580	2365×950 2730×1060

В последнее время в качестве источников постоянного тока для небольших гальванических установок начали применяться селеновые выпрямители переменного тока в постоянный типов ВСГ-3М напряжением 6/12 *в*, 200/100 *а*, ВСГ-600М напряжением 10—12 *в*, 600 *а* и купроксные выпрямители напряжением 6/12 *в*. Несмотря на то, что коэффициент полезного действия таких выпрямителей ниже, чем у двигатель-генераторов, и составляет обычно 40—50%, все же при работе небольших установок или же эксплуатации отдельных ванн никелирования, цинкования и т. д. они являются весьма удобными и выгодными. Несмотря на безукоризненную работу селеновые выпрямители нередко портятся из-за несоблюдения правил эксплуатации. Поэтому при работе селеновых выпрямителей следует придерживаться следующих правил [14].

1. При включении выпрямителя нужно сначала включить нагрузку и только после этого включить переменный ток.

2. При выключении выпрямителя сначала выключают переменный ток, а затем нагрузку.

3. Включение переменного тока на зажимы постоянного тока приводит к порче выпрямителя.

4. Нельзя нагружать выпрямитель большей силой тока, чем указано на табличке — характеристике выпрямителя. Также нельзя включать его в сеть с током, напряжение которого выше 220 *в*, или с частотой, меньшей или большей 50 периодов в минуту. Необходимо следить за правильностью установки перемычек.

5. При работе на выпрямленном токе напряжением 6 *в* допускается нагрузка выпрямителя только от 60 до 100% номинальной.

6. При работе выпрямителя с предельной нагрузкой нужно периодически замерять термометром или термопарой температуру селеновых шайб, не допуская нагрева их выше 75°.

7. Выпрямленное напряжение и сила тока должны изменяться приборами магнитно-электрического типа.

8. Нельзя располагать выпрямитель вблизи отопительных приборов; нужно следить за тем, чтобы на него не попадали прямые солнечные лучи и чтобы в помещениях, где установлен выпрямитель, температура воздуха была не выше 35°.

9. Необходимо периодически очищать выпрямитель от пыли продуванием.

Характеристика селеновых выпрямителей приведена в табл. 104.

Таблица 104

Характеристика селеновых выпрямителей

Тип выпрямителя	Номинальная нагрузка по выпрямленному току в *а*	Напряжение в *в*	Питание от переменного тока напряжения в *в*	Габариты выпрямителя в *мм*	Вес в *кг*
ВСГ-3М	200	Не менее 6	Однофазный 127 и 220	560×440×1000	100
ВСГ-600М	600	10—12	Однофазный 220	800×750×1400	—
ВСГ-4	500/1000	8/16	Трехфазный 220—380	600×1500×1500	500
ВИАМ-3000	3000	0—28	—	—	—

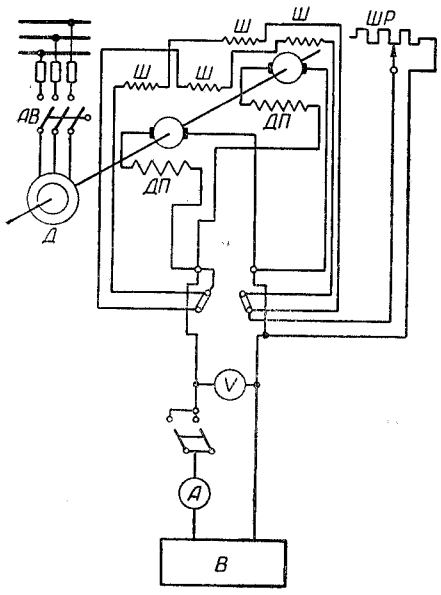
Электрические схемы соединений в гальванических цехах. Наиболее удобной схемой электрических соединений считают такую, при которой для каждой ванны устанавливается отдельная динамомашина или выпрямитель (фиг. 39).

Регулировка напряжения осуществляется при помощи шунтового реостата, установленного вблизи ванны.

Коэффициент загрузки динамомашины зависит от загрузки ванны. Установка отдельной динамомашины для одной ванны в большинстве случаев применяется при хромировании и при больших (по объему)

ваннах цинкования, никелирования, обезжиривания и др.; при подготовке и покрытии изделий больших размеров, где потребляется большая сила тока и требуется точная регулировка.

При установке нескольких ванн, потребляющих ток сравнительно небольшой силы, обычно применяется параллельное включение к одной динамомашине. Каждая ванна снабжается отдельным вольтметром, амперметром и реостатом с параллельными секциями для регулирования силы тока [13].



Фиг. 39. Схема электрических соединений при работе двигатель-генератора на одну ванну:

АВ — автоматический выключатель; *Д* — электродвигатель; *ШР* — шунтовой регулятор; *ДП* — дополнительные полюсы; *Ш* — обмотка возбуждения.

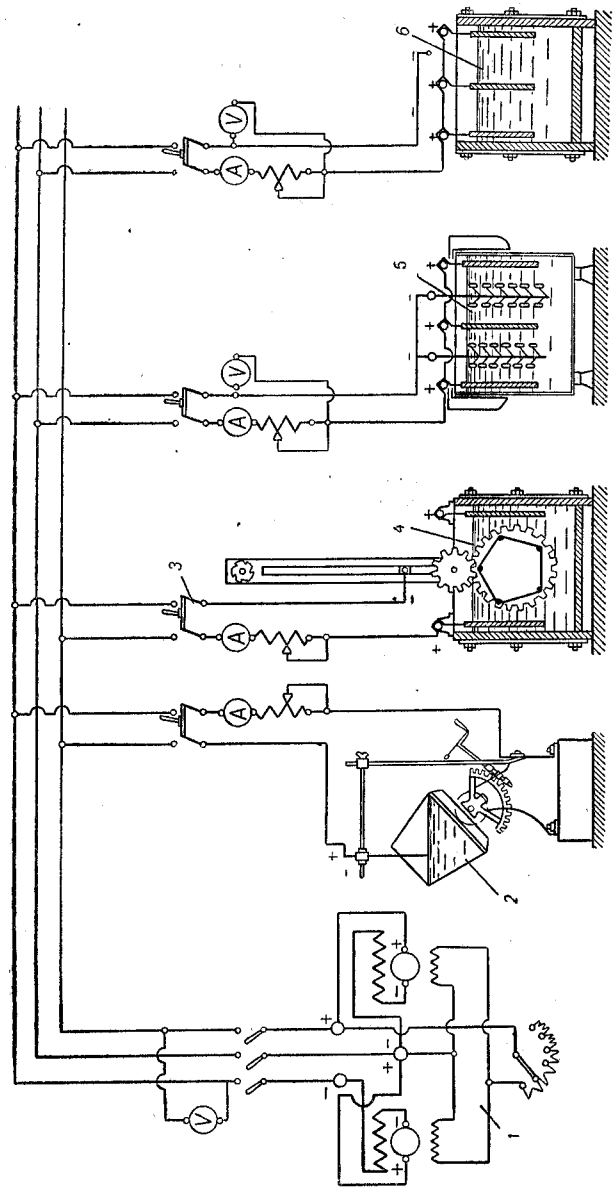
На щите каждой ванны устанавливается однополюсный или двухполюсный рубильник для включения и выключения тока. Динамомашины ЯЭМЗ имеют два коллектора, и соединение на напряжение 12 *в* достигается последовательным включением двух якорных обмоток. При этом напряжение между крайними болтами клеммной доски составляет 12 *в*, а между крайними и средними болтами — 6 *в*. При работе динамомашины с напряжением 6 *в* якорные обмотки включаются параллельно. Это позволяет включать ванны по трехпроводной системе (фиг. 40). При этом ванны никелирования, цинкования, меднения и др. будут работать при напряжении тока до 6 *в*, а ванны электрохимического обезжиривания, хромирования, колокольные, барабанные и ковшовые ванны — при напряжении тока до 12 *в*. Кроме того, при включении ванн в электрическую цепь по этой системе получается экономия меди для подвода постоянного тока, достигающая 60—70%.

Если нужно, чтобы ванны периодически работали с меняющимся напряжением тока (6—12 *в*), то можно включать якорные обмотки динамомашины на клеммах двухполюсного переключателя таким образом, чтобы при включении ножей переключателя вверх динамомашина работала при 12 *в*, а при включении вниз — при 6 *в* (фиг. 41) [13].

В этом случае установка общего рубильника в цепь динамомашины, включающего одновременно все ванны, не обязательна.

Плавкие предохранители в цепь постоянного тока не включаются; защита двигатель-генераторов от перегрузки и токов короткого замыкания осуществляется на стороне переменного тока.

Ток от динамомашины к гальваническим ваннам передается преимущественно медными шинами или круглыми медными проводами.



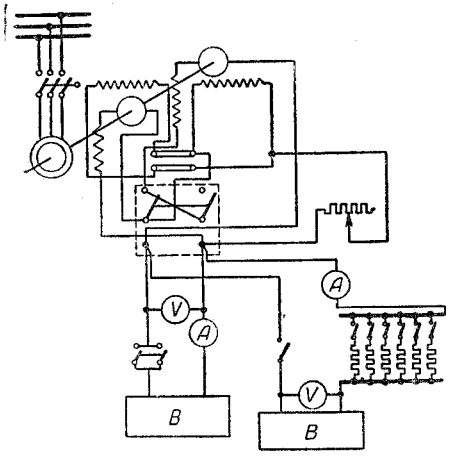
Фиг. 40. Схема электрических соединений по трехпроводной системе при работе двигатель-генератора на 4 ванны:

1 — двухколлекторный генератор; *2* — колокольная ванна; *3* — двухполюсный выключатель; *4* — барабанная ванна; *5* и *6* — стационарные ванны.

Поперечное сечение проводников рассчитывается согласно пропускаемой величине тока. При расчете исходят из допускаемого падения напряжения в сети (обычно 10%), длины сети и сопротивления проводников. Круглую медь применяют для тока примерно до 600 *а*, а для тока более 600 *а* применяют плоские полосы — шины.

Характеристики шин, труб и допускаемых напряжений токов приведены в табл. 105—110.

Правильный расчет проводов и максимальное сокращение потерь электроэнергии в сети постоянного тока имеет большое значение для гальванических цехов вследствие того, что применяется постоянный ток низкого напряжения, но значительной величины.



Фиг. 41. Схема переключения генераторов с 6 на 12 *в* при помощи двухполюсного переключателя.

Особое внимание следует обращать на состояние контактных поверхностей. Соединение отдельных полос, обычная длина которых равна 3,5—5,5 *м*, производится сваркой внахлестку и встык или при помощи болтов с накладками *. Перед скреплением шин болтами концы их тщательно подгоняют, очищают при помощи напильника и покрывают слоем олова.

Незначительное нарушение контактов на шинах или проводах может нарушить работу гальванических ванн.

Подача тока к ваннам производится через укрепленные на бортах ванн штанги из меди или латуни круглого сечения, а иногда из меди прямоугольного сечения. Диаметр штанг выбирается по табл. 108 и 109 в зависимости от пропускаемой величины тока.

Измерительная и регулирующая аппаратура. Для получения требуемой толщины гальванического покрытия производится расчет времени пребывания деталей в ваннах при заданной плотности тока.

Контроль плотности тока производится посредством показаний амперметра при известной (заранее рассчитанной) суммарной поверхности (в *дм*²) загруженных в ванну деталей и поверхности неизолированной части подвесок, на которых эти детали загружаются в ванну.

В последнее время сконструировано несколько типов приборов для определения плотности тока.

Приборы для измерения плотности тока на изделиях. В гальванических цехах применяются приборы, позволяющие быстро определить плотность тока. Один из таких приборов сконструирован Н. Линеевым (фиг 42). Он состоит из двух основных частей — головки и щупа. К прибору приложены сменные электроды и термометр. Головка прибора состоит из металлического корпуса, внутри которого смонтирован миллиамперметр.

* Для алюминиевых шин сварка обязательна.

Таблица 105

Основные характеристики плоских шин из меди и алюминия

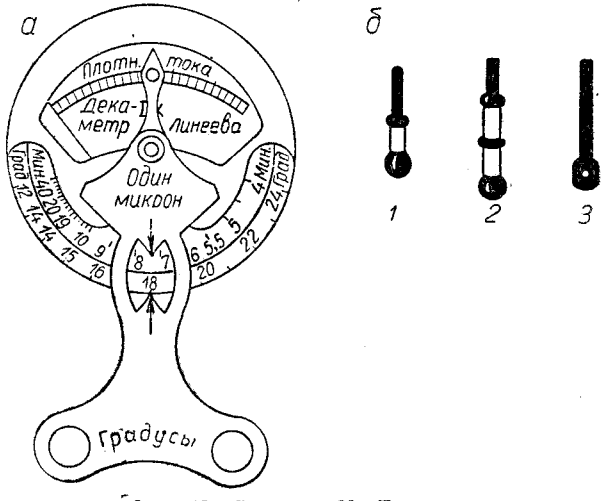
Размеры шин в *мм* (ширина и толщина)	Сечение в *мм*²	Медь		Алюминий	
		Вес 1 *пог. м* в *кг*	Нагрузка (постоянный ток) в *а*	Вес 1 *пог. м* в *кг*	Нагрузка (постоянный ток) в *а*
15×3	45	0,4	255	0,12	195
20×3	60	0,53	336	0,16	260
25×3	75	0,67	420	0,2	330
30×3	90	0,8	520	0,24	400
30×4	—	—	—	0,32	480
35×3	105	0,93	600	—	—
40×4	160	1,42	800	0,43	615
(40×4)2	320	2,84	1500	0,86	1180
40×5	—	—	—	0,54	720
(40×5)2	—	—	—	1,08	1340
45×4	180	1,6	910	—	—
50×4	200	1,78	1030	0,54	800
50×5	250	2,22	1120	0,68	860
(50×5)2	500	4,44	2100	1,36	1610
50×6	300	2,67	1220	0,81	950
(50×6)2	600	5,34	2350	1,62	1800
60×5	300	2,67	1360	0,81	1030
(60×5)2	600	5,34	2430	1,62	1885
60×6	360	3,2	1460	0,97	1120
(60×6)2	720	6,4	2610	1,94	2070
(60×6)3	1080	9,6	3650	2,91	2960
(60×6)4	1440	12,8	5300	3,88	4400
60×8	480	4,27	1635	1,3	1280
(60×8)2	960	8,54	2540	2,6	2375
(60×8)3	1440	12,81	4270	3,9	3500
(60×8)4	1920	17,08	5500	5,2	4520
60×10	600	5,34	1800	1,62	1390
(60×10)2	1200	10,68	3500	3,24	2650
(60×10)3	1800	16,02	4750	4,80	3900
(60×10)4	2400	21,36	6000	6,48	5000
65×6	390	3,9	1860	—	—
80×6	480	4,27	1940	1,3	1500
(80×6)2	980	8,54	3575	2,6	2860
(80×6)3	1440	12,84	4750	3,9	3900
(80×6)4	1920	17,08	6100	5,2	5000
80×8	640	5,7	2240	1,73	1720
(80×8)2	1280	11,4	3840	3,46	3060
(80×8)3	1920	17,1	5350	5,19	4400
(80×8)4	2560	22,8	6750	6,92	5700
80×10	800	7,12	2460	2,16	1900
(80×10)2	1600	14,28	4600	4,32	3690
100×6	600	5,34	2430	1,62	1880
(100×6)2	1200	10,68	4130	3,24	3400

Продолжение табл. 105

Размеры шин в *мм* (ширина и толщина)	Сечение в *мм²*	Медь		Алюминий	
		Вес 1 *пог. м* в *кг*	Нагрузка (постоянный ток) в *а*	Вес 1 *пог. м* в *кг*	Нагрузка (постоянный ток) в *а*
(100×6)4	2400	21,36	7280	6,48	6300
100×8	800	7,12	2760	2,16	2120
(100×8)2	1600	14,28	4640	4,32	3810
(100×8)4	3200	28,56	8000	8,64	6900
100×10	1000	8,9	3000	2,70	2320
(100×10)2	2000	17,8	5100	5,4	4070
(100×10)3	3000	26,7	7000	8,1	5860
(100×10)4	4000	35,6	8750	10,8	7580

Примечания. 1. Шины алюминиевые окрашены, температура воздуха 25°, температура шин 90°. Нагрузки даны для шин, расположенных на ребро. 2. При расположении шин плашмя вводится поправочный коэффициент 0,95.

Снаружи корпуса имеются металлическая стойка с двумя указателями (верхним — «микроны в минуту» и нижним — «градусы») и подвижный сектор с двумя шкалами. Верхняя шкала показывает продолжительность вре-



Фиг. 42. Декаметр Н. Линеева:

а — головка; *б* — сменные электроды: *1* — для плотности тока 1 *а/дм²*; *2* — для плотности тока до 2,5 *а/дм²*; *3* — для плотности тока до 50 *а/дм²* и выше.

мени для осаждения толщиной в 1 *мк* при данной плотности тока, нижняя позволяет устанавливать плотность тока в соответствии с температурой ванны.

Подвижный сектор имеет стрелку — фиксатор, которая вместе с сектором скользит по шкале миллиамперметра. К головке прибора прикреплены

Таблица 106

Допускаемые нагрузки труб из красной меди в *а*

Внешний диаметр в *мм*	Допустимый продолжительный ток при толщине стенок в *мм*						
	1	1,5	2	2,5	3	4	5
10	140	155	180	200	215	—	—
20	250	300	344	380	415	470	500
30	350	430	490	540	590	675	735
40	450	540	630	690	760	860	950
50	540	650	750	835	920	1040	1150
60	620	755	865	975	1060	1200	1340
70	700	855	990	1100	1200	1370	1520
80	785	955	1100	1230	1330	1530	1700
90	860	1050	1200	1350	1470	1690	1900
100	940	1140	1320	1460	1600	1850	2070

Таблица 107

Допускаемые нагрузки неизолированных железных и латунных шин в *а*

Размеры шин в *мм*	Сечение в *мм²*	Железо		Латунь	
		Вес 1 *пог. м* в *кг*	Нагрузка в *а*	Вес 1 *пог. м* в *кг*	Нагрузка в *а*
15×3	45	0,353	85	0,41	116
25×3	75	0,588	138	0,68	169
40×4	160	1,256	242	1,44	332
50×5	250	1,962	335	2,25	460
60×6	360	2,826	455	3,24	625
80×6	480	3,768	570	4,32	785
100×6	600	4,710	700	5,4	965
80×10	800	6,280	750	7,2	1030
100×10	1000	7,850	900	9,0	1240

откидная ручка и гибкий шнур с наконечником для осуществления контакта с катодной штангой или с покрываемыми изделиями при производстве измерений $D_к$.

Щуп представляет собой гуммированный металлический стержень с тремя сменными электродами. Один электрод применяется в ваннах, работающих при $D_к$, равном 1 *а/дм²*; второй — при $D_к$, равном 2,5 *а/дм²*; третий — при $D_к$ до 50 *а/дм²* и выше. Цена деления шкалы «плотность тока» при работе с электродом № 1 составляет 0,05 *а/дм²*; с электродом № 2 — 0,10 *а/дм²*; с электродом № 3—2,0 *а/дм²*.

Таблица 108

Допускаемые по плотности тока диаметры штанг для ванн

Объем ванн в *л*	Ванны хромирования		Ванны прочих гальванических покрытий	
	Рабочий ток на штангу в *а*	Диаметр штанги из круглой меди в *мм*	Рабочий ток на штангу в *а*	Диаметр штанги из круглой меди в *мм*
150	150	6	125	6
240	250	9	175	7
300	375	11	200	7
500	—	—	250	9
730	500	14	300	10
1000	750	18	375	11
1120	1000	23	500	14

Таблица 109

Размеры медных труб, применяемых в качестве штанг

Объем ванн в *л*	Для ванн хромирования			Для ванн прочих гальванических покрытий		
	Рабочий ток на штангу в *а*	Допустимый диаметр трубы и толщина стенки в *мм*	Вес 1 *пог. м* в *кг*	Рабочий ток на штангу в *а*	Допустимый диаметр трубы и толщина стенки в *мм*	Вес 1 *пог. м* в *кг*
150	150	10/1,5	0,482	125	10/1	0,308
240	250	20/1	0,587	175	20/1	0,587
300	375	30/1	0,867	200	20/1	0,587
500	—	—	—	250	20/1	0,587
730	500	40/1,5	1,741	300	30/1	0,867
1000	750	50/2	2,908	375	30/1,5	1,321
1120	1000	—	—	500	40/1,5	1,741

Таблица 110

Допустимые нагрузки током круглой прутковой меди

Диаметр в *мм*	Сечение в *мм*²	Вес 1 *пог. м* в *кг*	Допускаемая нагрузка в *а*
7	38,5	0,346	110
10	78,5	0,706	250
14	153,9	1,380	370
16	201,0	1,810	440
18	254,3	2,290	510
20	314,1	2,820	580

Контролирование плотности тока в ваннах при помощи прибора Н. Линеева производится следующим образом: сначала стрелку-фиксатор устанавливают на том делении шкалы, которое для данного сменного электрода соответствует заданной плотности тока; затем, погружая щуп прибора в ванну и касаясь наконечником гибкого шнура к катодной штанге, определяют положением стрелки миллиамперметра плотность тока в ванне. Если она окажется равной заданной плотности тока, то стрелка миллиамперметра совпадает со стрелкой фиксатора. Если же плотность тока в ванне больше или меньше заданной, то при помощи реостата, увеличивая или уменьшая сопротивление цепи, добиваются совмещения стрелок миллиамперметра фиксатора и тем самым восстанавливают величину заданной плотности тока в ванне.

Прибором Н. Линеева можно также корректировать плотность тока при изменении температуры электролита. Для этого указательный зубец шкалы «градусы» совмещается с цифрой шкалы, соответствующей показанию погруженного в ванну термометра. Стрелка-фиксатор при этом также переместится и покажет ту плотность тока, которая должна быть установлена в соответствии с измеренной температурой электролита. Положение верхнего указательного зубца покажет при этом скорость отложения, т. е. продолжительность времени для получения покрытия толщиной в 1 *мк*.

Все электрические измерения на стороне постоянного тока производят при помощи щитовых технических приборов магнитно-электрической системы различных типов и в различном исполнении. Например, щитовые технические приборы типов МН, ММ, М-1 имеют диаметр цоколя 60, 135 и 185 *мм*; брызгонепроницаемые приборы М210 и герметические приборы М213, М415 завод «Электроприбор» выпускает в прямоугольном исполнении; габариты этих приборов соответственно равны 185 × 185 × 120; 224 × 175 × 110 и 83 × 83 × 60 *мм*.

Класс точности приборов 1,5.

Амперметры типа МН и ММ до 100 *а* изготовляются без наружного шунта; приборы же типа М-1 для тока от 20 *а* имеют наружный шунт. В амперметрах на ток до 4000—5000 *а* применяют два наружных шунта.

Завод «Электроприбор» выпускает также амперметры типа М730 (габариты 110 × 110 × 250) на ток до 7500 *а*. Пределы точности показаний этих приборов соответствуют техническим условиям и ГОСТ 1845-42. В качестве приборов для измерения напряжения в гальванических цехах применяют вольтметры с пределами показаний до 15 или 25 *в*. Для этой цели пригодны выпускаемые в настоящее время приборы М41-44, М51-54 и М63, относящиеся к приборам магнитно-электрической системы. Эти приборы предназначены для эксплуатации при температуре от —50° до +60° и при относительной влажности от 30 до 95%. Диаметр приборов равен 60 ± 0,4 *м*.

Правильные показания приборов являются основным требованием при контроле технологического процесса, поэтому должна быть налажена систематическая (не реже двух раз в год) проверка измерительных приборов.

Реостаты. Получить необходимую силу тока на ванне можно путем регулирования напряжений динамомашины при помощи шунтового реостата (если динамомашина работает на одну ванну) или же изменением силы тока реостатом, установленным в цепи ванны (если динамомашина работает на несколько ванн).

Таблица 111

Расчет реостатов *

Сила тока в *а*	Порядковый номер секции	Расчетное напряжение в *в*	Ступени регулировки в *а*	Константановая проволока: Диаметр в *мм*	Сечение в *мм²*	Длина в *м*	Сопротивление в *ом*	Спираль: Диаметр в *мм*	Длина витка в *мм*	Количество витков	Шаг в *мм*	Длина спирали в *мм*	Вес в *кг*	Плотность тока в $a/мм^2$	Вес 1 пог. *м* в *кг*	Количество спиралей
100	1	3	5	1,4	1,54	1,85	0,6	30	100	19	7	133	0,026	4,0	0,014	1
	2	3	10	1,8	2,54	1,50	0,3	30	100	15	9	135	0,038	3,6	0,022	1
	3	3	15	2,5	4,91	2,00	0,2	30	100	20	7	140	0,088	3,3	0,043	1
	4	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15	30	100	19	7	133	0,100	3,2	0,054	1
	5	3	25	3,7	7,07	1,70	0,12	30	100	17	8	136	0,100	3,0	0,062	1
	6	3	30	3,6	9,62	2,00	0,10	30	100	20	7	140	0,170	2,9	0,085	1
150	1	3	5	1,4	1,54	1,85	1,6	30	100	19	7	133	0,025	4,0	0,014	1
	2	3	10	1,8	2,54	1,30	0,3	30	100	15	10	150	0,086	3,6	0,022	1
	3	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15	30	100	19	8	152	0,100	3,2	0,054	1
	4	3	30	3,5	9,62	2,00	0,10	30	100	20	8	160	0,170	2,9	0,085	1
	5	3	40	2×2,8	2×6,16	2×1,85	0,075	30/40	100/135	19/14	8/11	152/154	0,200	3,2	0,054	2
	6	3	50	2×3,0	2×7,07	2×1,70	0,06	30/40	100/135	17/15	9/12	153/136	0,210	3,0	0,062	2
200	1	3	10	1,8	2,54	1,50	0,3	30	100	15	10	150	0,038	3,6	0,022	1
	2	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15	30	100	19	8	152	0,100	3,2	0,054	1
	3	3	30	3,5	9,62	2,00	0,10	30	100	20	8	160	0,170	2,9	0,085	1
	4	3	40	2×2,8	2×6,16	2×1,85	0,075	30/40	100/135	19/14	8/11	152/154	0,200	3,2	0,054	2
	5	3	50	2×3,0	2×7,07	2×1,70	0,06	30/40	100/135	17/18	9/12	153/156	0,210	3,0	0,062	2
	6	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,00	0,05	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2,9	0,085	2
300	1	3	15	2,5	4,9	2,0	0,2	30	100	20	8	160	0,086	3,3	0,043	1
	2	3	25	3,0	7,07	1,7	0,12	30	100	17	10	170	0,105	3,0	0,062	1
	3	3	50	2×3,0	2×7,07	2×1,7	0,06	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,210	3,0	0,062	2
	4	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,0	0,05	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2,9	0,085	2
	5	3	80	4×2,8	4×6,16	4×1,85	0,038	30/40	100/135	18/14	9/12	162/168	0,400	3,2	0,054	4
	6	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,7	0,03	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,420	3,0	0,062	4
400	1	3	20	2,8	9,16	1,85	0,15	30	100	19	8	152	0,100	3,2	0,054	1
	2	3	30	3,5	9,62	2,0	0,10	30	100	20	8	160	0,170	2,9	0,085	1
	3	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,0	0,05	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2,9	0,085	2
	4	3	80	4×2,8	4×6,16	4×1,85	0,038	30/40	100/135	18/14	10/13	180/182	0,400	3,2	0,054	4
	5	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,70	0,03	30/40	100/135	17/13	11/14	187/182	0,420	3,0	0,062	4
	6	3	150	6×3,0	6×7,07	6×1,70	0,02	30/40	100/135	13/13	11/14	187/182	0,630	3,0	0,062	6
500	1	3	30	3,5	9,62	2,0	0,1	30	100	20	8	160	0,070	2,9	0,085	1
	2	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,0	0,05	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2,9	0,085	2
	3	3	80	4×2,8	4×6,16	4×1,85	0,038	30/40	100/135	18/14	9/12	162/168	0,400	3,2	0,054	4
	4	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,70	0,03	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,420	3,0	0,062	4
	5	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,70	0,03	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,420	3,0	0,062	4
	6	3	150	6×3,0	6×7,07	6×1,70	0,02	30/40	100/135	17/13	12/15	204/145	0,630	3,0	0,062	6

* Применяется «Металлохимзащитой».

Таблица 112

Данные для расчета реостатов из оцинкованной стали

(расчетное напряжение 1 *в*)

Сила тока реостата в *а*	Сила тока секции в *а*	Проволока или лента			Характеристика спирали			
		Размеры в *мм*	Сечение в *мм²*	Длина в *мм*	Диаметр в *мм*	Шаг витка в *мм*	Количество витков	Длина спирали в *мм*
50	2,5	∅ 1,5	1,77	2800	50	12,5	18	225
	2,5	∅ 1,5	1,77	2800		12,5	—	
	5	∅ 1,5	1,77	1400		25	9	
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	5,5	
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	5,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
75	5	∅ 1,5	1,77	1400	50	25	9	225
	5	∅ 1,5	1,77	1400		25	9	
	5	∅ 1,5	1,77	1400		25	9	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
100	5	∅ 1,5	1,77	1400	50	25	9	225
	5	∅ 1,5	1,77	1400		25	9	
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
150	10	∅ 2,0	3,14	1000	50	35	6,5	225
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
200	10	∅ 2,0	3,14	1000	50	35	6,5	225
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	10	∅ 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
300	10	∅ 2,0	3,14	1000	50	35	6,5	225
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	

Продолжение табл. 112

Сила тока реостата в *а*	Сила тока секции в *а*	Проволока или лента			Характеристика спирали			
		Размеры в *мм*	Сечение в *мм²*	Длина в *мм*	Диаметр в *мм*	Шаг витка в *мм*	Количество витков	Длина спирали в *мм*
400	20	∅ 2,5	4,91	1500	50	24	9,5	225
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	∅ 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	13	
500	20	∅ 2,5	4,91	1500	50	24	9,5	225
	40	∅ 2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	40	∅ 2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	100	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
600	20	∅ 2,5	4,91	1500	50	24	9,5	225
	40	∅ 2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	40	∅ 2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,3	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
700	50	20×1,5	30	2400	50	13,2	17	225
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	13	
	200	45×1	45	1800		17,3	13	
800	50	20×1,5	30	2400	50	13,2	17	225
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	

Примечания. 1. Для проволоки: $\rho_{20} = 0{,}17$, $\rho_{200} = 0{,}325$; для ленты: $\rho_{20} = 0{,}13$, $\rho_{200} = 0{,}233$. 2. Допускаемый перегрев — 200°. 3. Для потери напряжения до 2*в* длину проволоки или ленты следует удвоить. Количество витков соответственно удвоится.

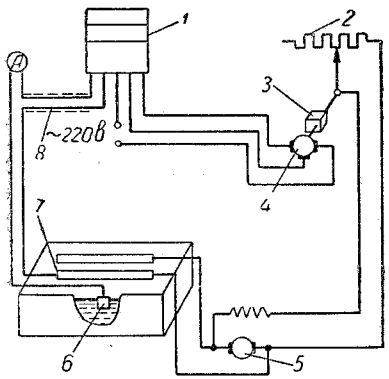
Для расчета реостата необходимо иметь следующие данные: 1) максимальное и минимальное значения силы тока, потребляемого в ванне; 2) зависимость между потребным напряжением и плотностью тока; 3) омическое сопротивление электролита; 4) ступени регулирования величины тока.

При отсутствии этих данных реостат рассчитывают на напряжение, равное 50—75% рабочего напряжения ванны, задаваясь количеством ступеней регулировки. Обычно реостаты рассчитываются на шесть ступеней — секций, которые включаются параллельно.

В табл. 111 и 112 приведены данные для расчета реостатов.

ПОДОГРЕВ ВАНН [13]

Поддержание постоянной температуры электролитов является обязательным условием получения качественных гальванических осадков.



Фиг. 43. Схема автоматического регулирования тока:

1 — контактный гальванометр; *2* — шунтовый реостат; *3* — редуктор; *4* — серводвигатель; *5* — генератор; *6* — контрольная пластина; *7* — катодная штанга; *8* — контрольная цепь.

Нагревание ванн производится паром или электричеством.

Электрический нагрев осуществляется чаще всего при помощи трубчатых нагревателей, состоящих из элементов сопротивления, которые вставляются в трубы и крепятся к внутренней стенке нижней части ванн.

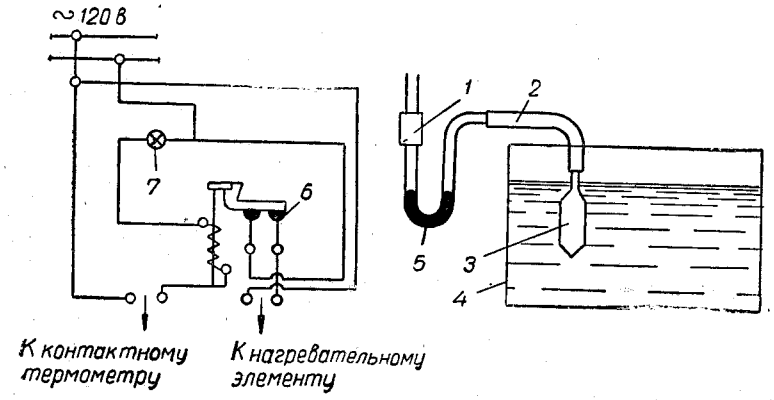
Нагреватели включаются в трехфазную силовую электрическую сеть. Число их обычно кратно трем.

Мощность электрических нагревателей должна быть весьма значительной, например, для нагрева ванны емкостью в 500 *л* в течение двух часов требуется мощность 20 *квт*. Применение электрического нагрева ванн требует ряда специальных мероприятий по технике безопасности.

Надежность и долговечность работы нагревателей в значительной мере зависит от тщательности их изготовления. Так как режим работы нагревателей при разогреве ванн значительно отличается от режима при поддержании рабочей температуры ванн, то необходимо регулировать мощность нагревателей.

Это осуществляется выключением после достижения требуемой температуры всех нагревателей, кроме одного, который поддерживает необходимую температуру. Иногда нагревание ванн сначала производится паром, а затем во время работы постоянство температуры поддерживается при помощи электрических нагревателей. Расход тока для поддержания постоянной температуры ванн весьма незначителен. На крупных предприятиях ванны оборудуются автоматами, регулирующими температуру электролита.

Автоматизация процессов регулирования * может быть осуществлена путем применения вспомогательного электрода с постоянной заранее заданной поверхностью катода, подвергающегося покрытию в той ванне, автоматизацию регулирования тока которой предполагается осуществить, или при помощи измерителя тока, который как бы шунтирует силовое поле ванны, не будучи связан с ней электрически.



Фиг. 44. Схема терморегулятора:

1 — контактный термометр; *2* — гибкий резиновый шланг; *3* — стеклянный баллон с воздухом; *4* — ванна; *5* — V-образная трубка с воздухом; *6* — ртутный контакт; *7* — сигнальная лампа.

Указанный электрод должен быть включен на контактный гальванометр, устанавливаемый на заданную плотность тока.

В случае нарушения заданного режима контакты гальванометра через соответствующие реле включают серводвигатель, воздействующий на шунтовой регулятор генератора. При этом восстанавливается нарушенный режим и заданная плотность тока в ванне, после чего тот же контактный гальванометр выключает серводвигатель (фиг. 43).

Автоматическое регулирование температуры электролитов [13]. Обязательным условием получения качественных гальванических покрытий является постоянство температуры в соответствии с заданным режимом работы электролита.

Для поддержания постоянной температуры применяются терморегуляторы и термосигнализаторы.

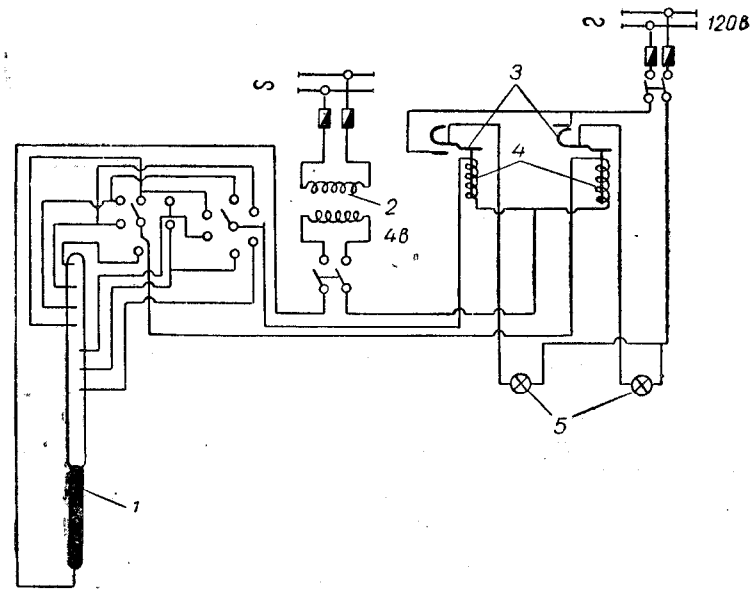
Терморегуляторы. В ванну помещается герметически запаянный баллон с воздухом (фиг. 44). Под действием температуры электролита воздух в баллоне расширяется и вытесняет в У-образную трубку ртуть, которая замыкает клеммы контактного термометра, включающего реле.

При замыкании цепи электромагнита ртутный контакт под действием сердечника поворачивается, при этом ртуть перетекает, размыкая главную цепь нагревателей. Регулировка температуры производится соответствующей установкой контактов термометра по отношению к ртути в У-образной трубке.

* Подробно см. в работе Н. К. Короленко [13].

Температурный сигнализатор [13]. Температурный сигнализатор (фиг. 45) состоит из ртутного термометра *1* с впаянными контактами.

При повышении температуры ртуть приходит в соприкосновение с контактами и ток от понижающего трансформатора включает с помощью электромагнитного реле световой или звуковой сигнал.



Фиг. 45. Схема температурного сигнализатора:
1 — термометр; *2* — трансформатор; *3* — реле; *4* — электромагнит; *5* — сигнальные лампы.

Регулировка температуры производится при помощи переключателей, количество которых должно соответствовать количеству контактов термометра.

Включение и выключение нагревателей после получения сигнала производится от руки.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО ВЕНТИЛЯЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ [21]

Гальванические цехи относятся к категории особо вредных производств, поэтому установка приточно-вытяжной вентиляции для них является обязательной.

Образующаяся при работе на шлифовальных и полировальных станках пыль удаляется при помощи специальных вентиляционных кожухов, охватывающих круг по периметру.

Количество воздуха, подлежащего отсосу через зазор между кругом и вентиляционным кожухом, ориентировочно определяется из расчета

2 $м^3$/*час* на 1 *мм* максимального диаметра круга, что соответствует скорости 15—16 *м/сек*.

Процесс хромирования и электрохимического обезжиривания сопровождается обильным выделением газообразного кислорода на аноде и газообразного водорода на катоде, которое тем интенсивнее, чем выше применяемая плотность тока.

Выделяющиеся из ванны газы увлекают за собой мельчайшие капельки электролита и создают таким образом над ванной туман, образующийся хромовой кислотой и щелочными растворами. Хромовая кислота и щелочные растворы являются весьма вредными веществами, которые вызывают поражение кожи, глаз, слизистой оболочки и верхних дыхательных путей. Содержание 1 *мг* хромовой кислоты в 10 $м^3$ воздуха вредно и недопустимо.

В соответствии с обязательными правилами промышленной гигиены и охраны труда, образующийся туман и брызги хромовой кислоты и щелочи должны полностью удаляться от ванн.

Вследствие того, что образующийся туман и брызги хромовой кислоты и щелочи тяжелее воздуха, их необходимо отсасывать у места выделения при помощи бортового отсоса, находящегося над ванной, на котором монтируется вся электрическая проводка (штанги, аноды и катоды).

Рама бортового отсоса имеет одностороннюю или двустороннюю щель. Расчет количества отсасываемого от ванн воздуха производят, исходя из данных табл. 113.

Таблица 113

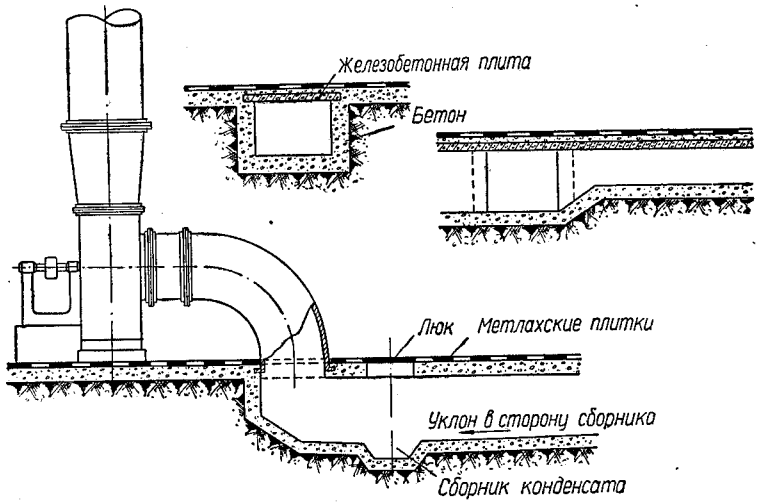
Нормы отсоса воздуха с 1 $м^2$ зеркала раствора

Операция	Ширина ванны в *мм*				Скорость воздуха в бортовых щелях в *м/сек*
	до 500	от 500 до 750	от 750 до 900	от 900 до 1000	
Обезжиривание электрохимическое	45—50	55—60	65—70	70—75	8—11
Хромирование:					
открытая ванна .	45—50	55—60	65—70	75—80	8—11
закрытая ванна .	30	35	40	45	—

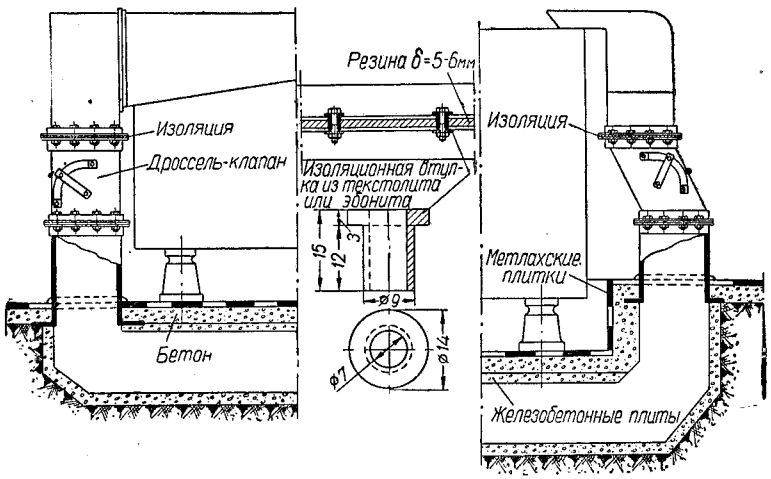
При наполнении ванн необходимо обращать внимание на то, чтобы уровень электролита был ниже вентиляционной щели на 150—200 *мм*, а щелевой проток—на уровне борта ванны.

Для эффективного действия вытяжки не следует допускать, чтобы воздух отсасывался через щель на расстоянии более 450 *мм*. Поэтому у ванн, ширина которых более 450 *мм*, делают два щелевых протока, по одному с каждой стороны. Чтобы предохранить работающих от сквозняков из открытых окон и вентиляторов, рекомендуется ставить на ванны створчатые крышки.

Устройство вертикального отсоса при помощи вытяжного шкафа или зонта, как это применяется при некоторых других химических процессах, здесь не рекомендуется, потому что тяжелые пары могут распространяться в воздухе и над ванной в рабочей зоне. Не рекомендуется также применять так называемую защитную жидкость, состоящую из масла или



Фиг. 46. Типовый вентиляционный канал.



Фиг. 47. Присоединение ванны к вытяжной системе и изоляции вентиляционных кожухов бортовых отсосов.

керосина и подобных веществ, наливаемых на поверхность электролита, которые задерживают капельки тумана.

Основными недостатками «защитной жидкости» является трудность и опасность ее изготовления, частичное загрязнение изделий при погружении в ванну и опасность пожара и взрыва от искры короткого замыкания. Кроме того, вследствие сильного газовыделения, слой защитной жидкости начинает пениться и распыляться, выделяя при этом пары. Эти пары необходимо вентилировать.

Отвод вредных выделений, отсасываемых от ванн, лучше осуществлять подземными кирпичными или бетонными каналами, гладко оштукатуренными кислотоупорным цементом (фиг. 46). В месте присоединения вытяжного вентилятора нужно устраивать сборник конденсата и люк для очистки.

Верхняя разводка воздуховодов, загромождающая цех, мешает транспортировке деталей и затемняет свет, а потому не рекомендуется.

Все местные устройства бортовых отсосов от ванн в местах соединений с воздуховодами должны быть изолированы во избежание заземления самой ванны (фиг. 47).

Таблица 114

Диаметры воздуховодов от шлифовально-полировальных станков

Диаметр шлифовального круга в *мм*	Диаметр воздуховодов в *мм*
300	100
300—600	125
600	150

Таблица 115

Количество воздуха, отсасываемого от шлифовально-полировальных кругов

Диаметр круга в *мм*	Толщина круга в *мм*	Объем воздуха, отсасываемого от одного круга в $м^3/час$
150	25	350
175	40	450
250	50	550
450	75	800
550	100	950
650	125	1250

Отсасываемый вентиляторами воздух компенсируется притоком свежего воздуха, который подается в цех системой приточной вентиляции. Наиболее совершенной и распространенной подачей воздуха является централизованная подача.

Свежий воздух, забираемый снаружи, в зимнее время подогревается калориферами и подается вентилятором в рабочую зону цеха гальванических покрытий на высоте 2—2,5 *м* от уровня пола. В летнее время свежий воздух поступает в цех через свободный канал камеры, минуя калориферы, а также через открытые окна помещения.

При расчете вентиляции для удаления от шлифовально-полировальных станков вредных паров и пыли пользуются данными табл. 114 и 115.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ [21]

Гальванические цехи ввиду особой вредности ряда процессов должны быть оборудованы мощной вытяжной и приточной вентиляцией; при неисправности вентиляционной установки производство работ воспрещается.

Поэтому в случае прекращения действия вентиляции в процессе работы необходимо немедленно выключить ток, в первую очередь на ваннах хромирования.

Запрещается присоединение к существующей вентиляционной системе новых ванн.

Так как все применяющиеся в ваннах растворы являются в определенной мере вредными, а растворы цианистых ванн в высокой степени ядовиты, работу в цехе нужно производить в резиновых перчатках, фартуках и резиновых сапогах или галошах. При выходе из цеха следует спецодежду снимать и оставлять в специальных ящиках.

Хромовый ангидрид, едкие щелочи и концентрированные кислоты действуют на кожу тела разъедающе. Поэтому при попадании на кожу хромового ангидрида рекомендуется смывать его раствором, приготовленным из спирта, соляной кислоты и воды, взятыми в равных частях. При попадании на кожу брызг щелочного раствора необходимо быстро промыть пораженные места водой и слабым раствором уксусной или винной кислоты. Особую осторожность нужно соблюдать при обращении с концентрированными серной и азотной кислотами, вызывающими сильные ожоги кожи. В случае ожога кислотой обожженное место необходимо быстро обмыть обильным количеством воды и смазать слабым раствором щелочи.

При разбивании барабанов с хромовым ангидридом и едкими щелочами, а также при наливании концентрированных кислот необходимо надевать защитные очки.

При наличии в цехе ванн травления цветных металлов из-за неисправной вентиляции возможно отравление окислами азота. В этом случае пострадавшему нужно немедленно вдыхать кислород, баллончик с которым должен всегда находиться вблизи ванн травления.

Работающим у ванн ежедневно перед работой необходимо смазывать носовую полость, руки и лицо мазью, составленной из одной части ланолина и одной части вазелина, и тщательно мыть руки теплой водой с мылом после работы.

В помещении ванн категорически запрещается принимать пищу, курить, пить из не предназначенной для этой цели посуды (мензурки, колбы, стаканы).

Наибольшей осторожности требует обращение с цианистыми солями и растворами: незначительные доли цианидов при попадании в желудок могут вызвать смертельный исход; попадание цианистого раствора на кожу, имеющую порезы или царапины, может вызвать серьезные заболевания. При хранении цианистых солей необходимо соблюдать ряд предосторожностей: ни в коем случае нельзя хранить кислоты в одном помещении с цианистыми солями, которые должны находиться в отдельном железном запертом и запломбированном шкафу в изолированном от цеха помещении. Растворы цианистых солей нужно готовить обязательно в вытяжном шкафу или же в ваннах с бортовым отсосом при включенной вентиляции. Расфасовка цианистых солей в помещении цеха категорически запрещается. Посуда с цианистыми солями должна быть герметически закрытой и иметь этикетки с надписью *Яд*. Ответственность за хранение и учет цианистых солей несет руководитель предприятия.

При вскрытии тары и расфасовке, а также при загрузке ванн цианистыми солями работу нужно производить в респираторе, всячески избегая распыления соли. При попадании брызг цианистого раствора на пол это место нужно нейтрализовать 10-процентным раствором железного купороса, после чего тщательно промыть водой.

Категорически запрещается допускать непосредственное погружение изделий из ванн цианистых в кислые и обратно без предварительной тщательной промывки изделий водой. Поэтому между указанными ваннами необходимо установить ванны промывки и нейтрализации.

Цех должен иметь аптечку со всеми необходимыми противоядиями, около которой должны быть вывешены правила пользования ими.

Рабочие гальванических цехов должны раз в месяц подвергаться медицинскому осмотру.

Категорически запрещается допуск к рабочему месту у ванн лиц, не имеющих прямого отношения к работе.

РАСХОД МАТЕРИАЛОВ И АНОДОВ [19]

Расход материалов при гальванических покрытиях с растворимыми анодами определяют, исходя из суммарных показателей потерь растворов, приведенных в табл. 116.

Эти потери складываются из следующих элементов: унос растворов поверхностью деталей, унос растворов в вентиляционные каналы и трубопроводы, потери при составлении и корректировании растворов, потери при замене растворов новыми, потери при фильтрации.

Так как расход материалов за счет уноса раствора деталями зависит от конфигурации последних, то нормы потерь (табл. 116) даны отдельно для деталей плоских (группа а), деталей с конфигурацией средней сложности (группа б) и деталей сложной конфигурации (группа в).

Расход материалов в граммах на один квадратный метр покрываемой поверхности определяется путем умножения показателей потерь раствора на содержание в *г/л* каждого компонента, принятое в рецептуре по технологическому процессу.

Например, по технологическому процесу никелирования принята следующая рецептура никелевого электролита:

сернокислый никель	140	*г/л*
сернокислый натрий	50	»
сернокислый магний	30	»
борная кислота	20	»
хлористый натрий	5	»

Процесс никелирования производится при отсутствии сборника уловителя (группа в) при нагревании, следовательно, исходя из табл. 116, потеря раствора составляет 195 *см*³ на 1 *м*².

Для расчета расхода материалов, указанных в рецептуре, необходимо умножить показатель потери раствора на содержание каждого компонента, т. е.

сернокислый никель	195 ×	140 =	27,3	*г*
сернокислый натрий	195 ×	50 =	9,7	»
сернокислый магний	195 ×	30 =	5,8	»
хлористый натрий	195 ×	5 =	1,0	»

Следовательно, в данном случае расход солей на 1 *м*² погружаемой в электролит поверхности составляет: сернокислого никеля 27,3 *г*, сернокислого натрия 9,7 *г*, сернокислого магния 5,8 *г* и хлористого натрия 1 *г*.

В цианистых электролитах, кроме указанных выше видов потерь, имеют место также потери цианидов за счет разложения их углекислотой воздуха, за счет анодного окисления цианидов и пр.

Таблица 116

Потери растворов при гальванических процессах

Наименование процесса	Потери растворов в $см^3$ на 1 $м^2$ поверхности					
	При отсутствии сборника уловителя для групп			При наличии сборника уловителя для групп		
	а	б	в	а	б	в
I. Покрытие на подвесках в кислых электролитах						
Цинкование, кадмирование, медление, никелирование, оловянирование и свинцевание	115—120	145—150	190—195	73—78	77—82	85—90
Хромирование:						
декоративное	—	—	—	113	117	125
износоупорное	—	—	—	298	302	310
железнение	115—135	145—160	190—210	—	—	—
II. Покрытие на подвесках в щелочных (цианистых и нецианистых) электролитах						
Цинкование, кадмирование, медление, оловянирование, латунирование, бронзирование	125—135	155—165	200—210	83—93	87—97	95—105
Серебрение и золочение	—	—	—	26,5—41,5	27—42	27—42
III. Покрытие в колоколах, ковшах и барабанах						
Кислые электролиты	215—220	275—280	365—370	89—94	97—102	113—118
Щелочные электролиты	225—235	285—295	375—385	99—109	107—117	123—133

Примечание. Меньшее значение показателя соответствует потерям при отсутствии нагревания или перемешивания электролита, большее — потерям при нагревании или перемешивании электролита.

Потери цианидов за счет разложения при прохождении 1 *а-час* примерно следующие: в ваннах при температуре электролита 18—20°—0,5—0,7 *г*; в ваннах при температуре электролита 25—45°—0,7—0,8 *г*; в ваннах при температуре электролита свыше 45°, а также в колоколах и барабанах — 0,8—0,9 *г*.

Для ванн хромирования, работающих с нерастворимыми анодами, кроме потерь электролита (табл. 116), следует учитывать также расход хромового ангидрида на выделение металлического хрома на катоде.

Этот расход зависит от заданной толщины слоя покрытия хромом и равен 13,3 *г* хромового ангидрида на 1 $м^2$ поверхности при толщине слоя, равной 1 *мк*.

Расход материалов при операциях химической, электрохимической и механической подготовки и отделки поверхности приведен в табл. 117 и 118 [18].

Таблица 117

Расход (примерный) растворов и материалов на операции химической и электрохимической подготовки и отделки поверхности

Наименование операции	Расход на 1 $м^2$	
	растворов в *л*	материалов в *г*
Химическое обезжиривание в щелочах	0,55—0,7	—
Электрохимическое обезжиривание	0,4—0,5	—
Химическое травление прокатанного черного металла	0,65—0,8	—
Химическое травление литого черного металла	0,55—0,7	—
То же штампованного черного металла после термообработки	1,0—1,2	—
Электрохимическое травление черного металла	50% от нормы химического травления	
Травление меди и ее сплавов предварительное	0,5—1,5	—
То же, глянцевое	0,5—1,5	—
Травление алюминиевых изделий	0,5—0,8	—
Декапирование черных металлов	0,2	—
» меди и ее сплавов	0,3	—
Нейтрализация	0,25	—
Осветление и снятие покрытий	0,25	—
Протирка венской известью	—	100—200
Промывка в керосине	—	50—100
Промывка в бензине	—	30—50

Примечание. Расход материалов в *г/м²* определяется путем умножения указанных в таблице величин расхода раствора на концентрацию в *г/л* каждого компонента указанного в принятой рецептуре электролита или раствора.

Таблица 118

Расход (примерный) вспомогательных материалов на шлифование, полирование и крацовку

Наименование материалов	Единица измерения	Расход на 1 $м^2$ при покрытии деталей металлами					
		Стальных		Латунных		Из цинкового сплава	
		Медnение, никелирование, хромирование	Медnение, никелирование	Никелирование, хромирование	Никелирование	Медnение, никелирование, хромирование	Медnение, никелирование
Наждаки:							
№ 80—100	*г*	72	72	—	—	—	—
№ 120—140	»	70	70	—	—	—	—
№ 180	»	108	108	108	108	108	108
№ 200	»	54	54	90	90	90	90
№ 220	»	36	36	—	—	150	150
№ 240	»	40	40	40	40	40	40
Клей столярный	»	100	100	92	92	92	92
Круги войлочные ∅ 400 *мм*	шт.	0,01	0,01	—	—	—	—
Полировочная паста	*г*	760	640	1000	900	1000	900
Щетки дисковые:							
травяные	шт.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
волосяные	»	0,04	0,04	—	—	0,1	0,1
Бязь при круге ∅ 350 *мм*	*пог.м*	1,26	1,26	8,4	8,4	8,4	8,4
Миткаль при круге ∅ 300 *мм*	»	0,6	0,6	—	—	—	—
Щетки:							
стальные ручные	шт.	0,01	0,01	—	—	0,01	0,01
травяные	»	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
волосяные	»	0,2	0,2	—	—	—	—
стальные дисковые (проволока ∅ 0,05—0,1 *мм*)	»	0,025	0,02	—	—	—	—
То же (проволока ∅0,15—0,25 *мм*)	»	0,012	0,012	—	—	—	—

Примерные нормы расхода растворимых анодов приведены в табл. 119. В них учтены потери металла при отливке анодов и сверлении отверстий, при переплавке (угар) и пр. Эти потери для всех металлов (кроме серебра и золота) приняты в размере 8% по отношению к расходу металла на покрытие.

Таблица 119

Расход растворимых анодов для гальванических покрытий на 1 $м^2$ поверхности деталей при толщине слоя в 1 *мк*

Наименование металла	Расход в $г/м^2$	Наименование металла	Расход в $г/м^2$
Цинк	7,7	Свинец (для свинцевания)	17,3
Медь	9,7	Латунь *	8,8
Никель	9,5	Серебро	10,5
Кадмий	9,4	Золото	19,5
Олово	7,9	Железо малоуглеродистое	8,5

Сменяемость нерастворимых анодов 2 раза в год.

* При содержании цинка 40%, меди 60%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лайнер В. И. и Кудрявцев Н. Т.*, Основы гальваностегии, т. I, Металлургиздат, М, 1953.
2. *Томашов Н. Д.*, Теория коррозии металлов, Металлургиздат, М, 1952.
3. *Ямпольский А. М.*, Гальванотехника, Машгиз, М—Л, 1952.
4. Большая Советская энциклопедия, тт. 9, 10, М, 1951.
5. *Богорад Л. Я., Грилихес С. Я., Арсон Р. С.*, Электрохимическое полирование стали, Лениздат, 1951.
6. *Вайнер. Я. В. и др.*, Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Машгиз, М—Л, 1951.
7. *Гончаренко К. С. и Козлов Н. А.*, Справочник гальванотехника, Росгизместпром РСФСР, М. 1948.
8. *Лаворко П. К. и Левитский Г. С.*, Гальванические покрытия деталей машин и приборов, Машгиз, К, 1949.
9. *Неменов А. М.*, Гальванотехника, Металлургиздат, М, 1940.
10. *Кудрявцев Н. Т. и Федуркин В. В.*, Блестящее никелирование, Росгизместпром РСФСР, М, 1951.
11. *Лаворко П. К.*, Памятка мастера цеха гальванических покрытий, Машгиз, К, 1953.
12. *Гончаренко К. С.*, Пористое хромирование деталей машин, Машгиз, К, 1950.
13. *Короленко Н. К.*, Источники тока и регулирование тока в гальванических цехах, Госэнергоиздат, М—Л, 1951.
14. *Бондаренко М. И.*, Гальванические покрытия металлоизделий в колокольных и барабанных ваннах, Гостехиздат УССР, К, 1952.
15. *Тавровская Р.*, Процесс хромирования в железных ваннах, «Автомобиль» № 11, 1950.
16. *Лаворко П. К., Гончаренко К. С.*, Гальванотехника, Гостехиздат УССР, 1941.
17. *Лайнер В. И.*, Гальванотехника, Машгиз, М, 1950.
18. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 14, Машгиз, М, 1946.
19. *Ямпольский А. М.*, Современная технология никелирования, Лениздат, Л, 1950.
20. *Орлова С. И., Абрамсон Д. С.*, Контроль электролитов и качества гальванопокрытий, Машгиз, М, 1950.
21. *Тупицын Г. И., Шейко Т. С.*, Техника безопасности и промышленная санитария в гальванических цехах, Оборонгиз, 1950.
22. *Балезин С. А., Баранник В. П., Путилова И. Н.*, Применение ингибиторов кислотной коррозии, Госхимиздат, 1948.
23. *Гарбер М. И.*, Декоративное шлифование и полирование, Машгиз, 1948.

24. *Челищев Б. А., Бурштейн Д. Е.*, Автоматизация шлифования и полирования автомобильных деталей, «Автомобильная и тракторная промышленность» № 10, 1951.
25. *Радионов Е. П., Глухов Н. А.*, Чистота поверхности и приборы для ее оценки, Трудрезервиздат, М, 1953.
26. *Кочетов К. П.*, Жидкостно-абразивная обработка металлов, «Станки и инструмент» № 10, 1953.
27. *Бахвалов Г. Т., Биркган Л. Н., Лабутин В. П.*, Справочник гальваностега, Металлургиздат, М, 1948.
28. *Ямпольский А. М.*, Контроль качества в цехах защитных покрытий, Машгиз, М—Л, 1952.
29. Покрытия никелевые и многослойные на стальных изделиях, ГОСТ 3002-45.
30. Покрытия цинковые на стальных изделиях, ГОСТ 2249-43.
31. Покрытия металлические защитные и декоративные в судостроении, ГОСТ 4490-48.
32. Методы химического контроля толщины медных, никелевых и многослойных покрытий, ГОСТ 3003-50.
33. Методы химического контроля толщин цинковых покрытий, ГОСТ 2390-44.
34. Методы контроля пористости цинковых покрытий, ГОСТ 3265-46.
35. Методы контроля пористости оловянных покрытий, ГОСТ 3264-46.
36. Методы контроля пористости многослойных покрытий, ГОСТ 3247-46.
37. Покрытия оловянные, Методы химического контроля толщины, ГОСТ 3263-46.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 3
Глава первая. **Справочные сведения** 7
Единицы измерений 7
Растворы и их концентрация 10
Удельный вес 11
Основные понятия о химических, электрических и электрохимических величинах 23
Типовые расчеты, применяемые в гальваностегии 45
Общие понятия о коррозии металлов и классификация типов коррозии 46
Глава вторая. **Виды защитных покрытий металлов и их характеристика** 50
Лакокрасочные покрытия 50
Оксидные и фосфатные покрытия 50
Гальванические покрытия 51
Покрытия способом погружения в расплавленный металл 51
Диффузионные покрытия 51
Металлизация распылением 51
Защитные свойства гальванических покрытий 52
Выбор видов и толщин гальванических покрытий 52
Покрытия никелевые и многослойные на стальных изделиях 52
Покрытия цинковые на стальных изделиях 54
Покрытия металлические защитные и декоративные в судостроении (типы и применение) 55
Многослойные покрытия 61
Схемы технологических процессов нанесения гальванических покрытий 61
Глава третья. **Подготовка поверхностей металлов к защитно-декоративным покрытиям** 73
Качество поверхности при гальванических покрытиях 73
Механическая подготовка 75
Шлифование 75
Абразивные материалы и пасты 78
Подготовка шлифовальных кругов 80
Полирование 81
Крацевание 84
Обработка в барабанах 85
Полирование шариками 86
Автоматизация шлифования и полирования 87
Приспособления для шлифования 91
Пескоструйная очистка 93

Химические и электрохимические способы подготовки изделий и деталей к гальваническим покрытиям 97
Химическое обезжиривание 98
Электрохимическое обезжиривание 98
Декапирование 99
Травление 100
Электрохимическое полирование металлов 106
Приготовление электролита 108
Глава четвертая. **Гальванические покрытия** 109
Меднение 109
Цианистые электролиты 109
Кислые и бесцианистые электролиты 111
Никелирование 116
Приготовление никелевого электролита 119
Хромирование 123
Приготовление электролита 125
Корректировка электролита 132
Цинкование 134
Цианистые электролиты 134
Цинкатные электролиты 135
Кислые электролиты 136
Химическая обработка цинковых покрытий 136
Кадмирование 143
Приготовление электролита 143
Оловянирование 144
Серебрение 147
Амальгамирование 155
Контроль качества покрытий 155
Методы химического контроля толщин медных, никелевых и многослойных покрытий 155
Методы химического контроля толщин цинковых покрытий 159
Методы химического контроля толщин оловянных покрытий 162
Методы определения пористости гальванических покрытий 162
Глава пятая. **Оборудование для химической подготовки и нанесения гальванических покрытий** 164
Ванны стационарные 164
Ванны колокольные, ковшовые и барабанные 183
Перемешивание и фильтрование электролита 186
Приспособления для завешивания деталей 190
Электрическое оборудование 193
Низковольтные двигатель-генераторы 193
Электрические схемы соединений в гальванических цехах 195
Измерительная и регулирующая аппаратура 198
Приборы для измерения плотности тока на изделиях 198
Реостаты 203
Подогрев ванн 208
Автоматическое регулирование температуры электролитов 209
Некоторые данные по вентиляции гальванических цехов 210
Техника безопасности в гальванических цехах 213
Расход материалов и анодов 215
Литература 220