

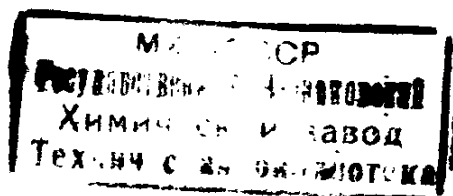
621.354.5
Г. 83
Библиотечка гальванотехника

Выпуск 2

С. Я. ГРИЛИХЕС

ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ
ПЕРЕД ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ
ПОКРЫТИЯМИ
И ОТДЕЛКА ПОКРЫТИЙ

Под общей редакцией
канд. хим. наук доцента П. М. ВЯЧЕСЛАВОВА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1958 ЛЕНИНГРАД

В серии брошюр „Библиотечка гальванотехника“ излагаются основные сведения из области гальванических процессов, а также обобщается опыт отечественной и зарубежной техники.

Библиотечка рассчитана на квалифицированных рабочих, лаборантов и мастеров гальванических цехов.

Полный перечень брошюр библиотечки публикуется в конце каждого выпуска.

В настоящей брошюре дано описание способов подготовки изделий к гальваническим покрытиям и отделки покрытий — механической обработки, обезжиривания, травления, химического и электрохимического полирования. Приведены характеристики шлифовочных и полировочных материалов, составы растворов и режимы химической и электрохимической обработки различных металлов и сплавов. Дано описание основных операций подготовки и отделки, указаны возможные неполадки и способы их устранения.

Рецензент канд. техн. наук *В. Л. Хейфец*

Редакционная коллегия: канд. хим. наук доц. *П. М. Вячеславов* (председатель),
канд. техн. наук *С. Я. Грилихес*, инж. *А. М. Ямпольский*

Редактор выпуска *А. М. Ямпольский*

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА

Редакция литературы по конструированию
и эксплуатации машин

Заведующий редакцией инж. *Ф. И. Фетисов*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Гальванические покрытия широко применяются в различных отраслях промышленности для защиты изделий от коррозии, увеличения срока службы и придания им красивого декоративного вида. Качество покрытий в большой мере зависит от предварительной подготовки поверхности металла. Раковины, трещины, царапины на металле снижают стойкость его против коррозии. Продукты коррозии и жировые пленки препятствуют равномерному осаждению покрытий и прочному сцеплению их с металлом. Поэтому особенно важным является правильный выбор и надлежащее выполнение подготовительных операций. К этим операциям относятся механическое шлифование и полирование, обезжиривание и травление, химическое и электрохимическое полирование. Операции полирования, кроме того, используются для декоративной отделки покрытий.

В настоящей книге приводятся основные сведения о способах подготовки изделий перед покрытиями, их технологических особенностях, применяемых материалах и режимах работы. Наряду со способами, уже вошедшими в производственную практику, в книге приводятся краткие сведения о новых способах, пока еще не получивших широкого распространения, но представляющих несомненный интерес — очистке деталей с применением ультразвука, химическом полировании и др. Кроме того, в книге приводятся данные об использовании для специальных целей процесса травления — получения на металле рельефных изображений и о так называемом химическом фрезеровании.

Автор

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ ПЕРЕД ПОКРЫТИЯМИ И ОТДЕЛКА ПОКРЫТИИ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И СПОСОБЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

Механическая подготовка изделий перед гальваническими покрытиями производится с целью повышения чистоты поверхности, удаления неровностей, забоин, продуктов коррозии и придания блеска металлу.

Основными способами подготовки изделий в гальванических цехах являются шлифование и полирование на кругах или в барабанах, крацовка, пескоструйная, дробеструйная и гидроабразивная обработка.

Шлифование производится на станке, на вращающемся шпинделе которого закреплен круг. Круги применяются двух типов: твердые неэластичные круги из абразивов и круги из эластичного материала, на рабочую поверхность которых нанесены абразивные зерна. Круги первого типа применяются сравнительно мало — для обдирки и снятия заусенцев. Круги второго типа используются очень широко для сглаживания поверхности металла. При шлифовании острые грани абразивных зерен круга снимают с деталей тонкую стружку металла. В зависимости от материала круга, размеров зерен и количества связующего вещества достигается большее или меньшее сглаживание поверхности.

Полирование производится на таких же станках, как и шлифование, с помощью эластичных кругов. На рабочую поверхность круга наносится тонкий слой полировочной пасты, состоящей из тонкого абразива, жировой связки и специальных добавок. В этом случае сглаживание происходит не за счет снятия стружки, а за счет деформации кристаллов металла и стирания выступающих частиц. Полирование сопровождается значительно меньшим съемом металла, чем шлифование.

Наряду с механическим воздействием большую роль при полировании играют химические процессы. Поверхность металла под влиянием содержащихся в полировочных пастах химически активных веществ покрывается тонкими, невидимыми окисными или солевыми пленками. При полировании пленка снимается, но на обнажившихся участках металла сейчас же образуется вновь. Твердость абразивных зерен при полировании не имеет такого большого

значения, как при шлифовании, так как в первом случае абразив снимает тонкую пленку, менее прочную, чем металл.

Обработка в барабанах позволяет очистить поверхность детали от загрязнений, сгладить неровности и, при определенных условиях, сообщить ей блеск. Для шлифования детали загружают во вращающийся барабан. Обработка ускоряется, если одновременно с деталями в барабан загружают абразив: наждак, корунд, кварцевый песок, известь. При замене грубого абразива стальными полированными шариками, кусками дерева, войлока или кожи достигается более высокое качество обработки, и детали получают полированными.

Использование барабанов для шлифования и полирования является одним из путей механизации и уменьшения трудоемкости механической подготовки, так как оно дает возможность одновременно обрабатывать, без применения ручного труда, большое количество деталей.

Крацовкой преследуется цель очистки поверхности металла перед покрытиями — удаление заусенцев, остатков окалины, травильного шлама, жиров и улучшение качества покрытий — удаление мелких наростов и уплотнение осадков покрытий. При крацовке мягких металлов — серебра, олова, цинка — удается придать им некоторый блеск. Крацовка выполняется вручную щетинными или проволочными щетками, а также круглыми щетками на специальных или обычных полировальных станках. Станочная крацовка более производительна, хотя также связана с применением ручного труда.

Для очистки отливок, поковок, удаления термической окалины применяется пескоструйная и дробеструйная обработка. Она заключается в обработке поверхности металла струей сухого кварцевого песка или стальной дроби. Ударяясь о металл, частицы песка сбивают окалину, прочно приставшие загрязнения и оставляют на поверхности следы в виде мелких выбоинок. Исчезают небольшие риски, и поверхность металла становится матовой.

В последние годы начинает находить применение гидроабразивная очистка металла. Она заключается в обработке поверхности деталей струей жидкости, содержащей во взвешенном состоянии кварцевый песок или другие абразивы. В зависимости от природы и зернистости абразива, состава рабочей жидкости и режима обработки может быть достигнуто различное сглаживание и съем металла. Гидроабразивная обработка пригодна для очистки деталей сложной формы и деталей, полученных точным литьем.

2. ШЛИФОВАНИЕ КРУГАМИ

Твердые шлифовальные круги изготовляют из зерен карборунда, корунда или наждака, сцементированных керамиковой, растительной или минеральной связкой. При увеличении количества связки прочность сцепления зерен и твердость круга увеличи-

ваются. Чем больше твердость и вязкость шлифуемого материала, тем тверже должен быть абразивный круг для его обработки.

Эластичные круги изготавливают из фетра, войлока, сукна, кожи, фибры и хлопчатобумажных материалов. Фетровые круги используют для мелкозернистых порошков и в тех случаях, когда требуется сохранить плоскость и острые края изделий.

Матерчатые круги изготавливают прессованием или прошивкой заготовок, вырезанных в виде дисков. Способ прошивки может быть различен, но расстояние между швами сказывается на твердости круга. У твердых кругов расстояние между швами составляет 5—10 мм и менее, у мягких — доходит до 15—20 мм.

Эластичные шлифовальные круги перед нанесением на них абразива подвергают профилированию, обточке и балансировке¹.

Для закрепления на рабочей поверхности круга зерен абразива ее смазывают столярным клеем, жидким стеклом или казеином. Из различных сортов столярного клея пользуются мездровым плиточным клеем (ГОСТ 3252—46). Его выдерживают в холодной воде не менее 12 час. до набухания. Затем набухший клей нагревают на водяной бане в клееварке при температуре 65—70° до получения однородной жидкой массы. Количество воды и клея для варки берется в определенном соотношении и зависит от зернистости абразива, как это указано в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Состав клеевой связки для нанесения на шлифовальные круги абразивов различной зернистости

Зернистость абразива (по ГОСТ 3238—46)	Количество веществ для приготовления связки в весовых процентах	
	Клей	Вода
24—36	50	50
46—60	45—40	55—60
80—100	35—33	65—67
120—150	33—30	67—70
180—220	30—25	70—75
220—280	25—23	76—77
320	20	80

Горячий клей наносят кистью ровным слоем на рабочую поверхность круга и затем накатывают на него абразивное зерно. Направление накатки должно совпадать с направлением ворса. Круги перед накаткой желательно подогреть в сушильном шкафу до 30—40°.

¹ Подробно о шлифовальных и полировальных кругах см. вып. 11 Библиотечки гальванотехника.

Для уплотнения рабочей поверхности круг с нанесенным на нем абразивом прокатывают несколько раз на столе, накрытом бумагой. С целью увеличения срока службы кругов применяют двух- и трехкратное накатывание абразива.

Сушка кругов в помещении при температуре воздуха 27—30° и относительной влажности 50% продолжается при однослойной накатке до 24 час., при двухслойной накатке — до 48 час. Сушка в шкафу при 30—40° и относительной влажности 50% продолжается для кругов с однослойной накаткой до 12 час., с двухслойной накаткой — до 24 час.

При обработке 1 м² поверхности металла расходуется примерно 90—100 г столярного клея, 70—110 г наждака зернистостью 80—180 и 40—50 г наждака зернистостью 240.

При использовании в качестве связующего материала жидкого стекла его наносят на круг так же, как столярный клей, после чего накатывают абразив. Наиболее подходящим является жидкое стекло с удельным весом 1,40—1,45, модуль 2,25—2,50.

Связки на казеиновом клее содержат добавки извести и фтористого натрия. Состав такого клея может быть следующим (в весовых процентах) [1]¹: казеин — 71%, гашеная известь — 19%, фтористый натрий — 8,6%, керосин 1,4%. Первые три материала измельчают и просеивают: казеин на сите не ниже 28/11 ниток на 1 см, фтористый натрий и известь — на сите 60/34 ниток на 1 см. В просеянный казеин постепенно вливают предварительно отфильтрованный керосин, перемешивают смесь в течение 15—20 мин., после чего добавляют известь и фтористый натрий и тщательно перемешивают в течение часа. Для накатки кругов сухой клей смешивают с порошком абразива в отношении 7 : 3; 5 : 3; 3 : 7; к каждой смеси добавляют небольшими порциями холодную воду и перемешивают до образования однородной пасты. Количество воды не должно превышать в первом случае десяти объемов, во втором — шести, в третьем — четырех объемов.

Сухой клей может храниться в закрытой таре в прохладном месте, но после того, как из него приготовлена паста, она должна быть использована в течение 3—4 час.

Каждую из указанных паст с различным содержанием воды последовательно, втиранием с помощью щетки, наносят на рабочую поверхность круга. После нанесения каждого слоя круг выдерживают при комнатной температуре 15—20 мин. Окончательная сушка длится 20—24 часа.

Связки на казеиновом клее не требуют нагрева при приготовлении и при сушке кругов. Клеевой слой получается весьма твердым и водостойким.

В качестве абразивных материалов при шлифовании используются корунд и электрокорунд — для грубой шлифовки закаленной стали и ковкого чугуна и карборунд — для обдирки хрупких ме-

¹ Цифры в квадратных скобках означают порядковый номер литературы, приведенной в конце брошюры.

таллов: чугуна, бронзы, латуни, цинка, а также наждак. Последний наиболее часто применяют для шлифования различных металлов.

По зернистости шлифовочные абразивные материалы разделяются на три группы (ГОСТ 3647—47). Шлифовальные зерна соответствуют зернистости 10—90 (150—2300 *мк*). Шлифовальные порошки — 100—320 (20—150 *мк*), микропорошки — М5—М28 (3,5—28 *мк*). Выбор зернистости абразива определяется свойствами и состоянием поверхности шлифуемого металла.

Грубая шлифовка или обдирка наждаком зернистостью 60—80 предназначается для удаления с поверхности грубых неровностей, заусенцев, раковин, царапин и толстого слоя окислов. Шлифование наждаком зернистостью 120—140 производится для большего сглаживания поверхности и устранения грубых рисок, получившихся при обдирке. Все последующие переходы предназначаются для устранения рисок от предыдущей обработки и улучшения качества поверхности.

В некоторых отраслях промышленности приходится сталкиваться с требованиями соблюдения определенной чистоты поверхности изделий. При механической подготовке в гальванических цехах может быть достигнуто следующее изменение чистоты поверхности [2]. Шлифованием абразивами зернистостью 30—220 достигается чистота поверхности, соответствующая 6—10-му классу по ГОСТ 2789—51. Полированием на кругах с пастами чистота поверхности повышается от 7—9-го классов до 10—13-го классов.

Сглаживание мельчайших неровностей перед декоративным полированием или нанесением гальванических покрытий производится с помощью засаленных кругов. Для этого круг с мелким

Таблица 2

Составы паст для засалки

Наименование составных частей пасты	Количество в весовых частях	Обрабатываемый металл
Маршалит Парафин Сало говяжье или солидол Церезин	80 10 89 2	Черные металлы
Наждачная пыль Парафин Сало говяжье Масло минеральное	60—70 20 10—20 2	Черные металлы
Наждачная пыль Стеарин	40 60	Медь, цинк, алюминий и их сплавы

абразивным зерном, таким же, которое применялось на предыдущем переходе шлифования, слегка смазывают техническим салом, парафином, или специальными пастами, указанными в табл. 2.

Шлифование ведут с таким расчетом, чтобы риски от абразивов на металле были направлены перпендикулярно или под углом 30—40° к рискам от предыдущего перехода.

При нечетном числе переходов первый из них ведут в продольном направлении, а при четном — под углом. В этом случае последний переход всегда будет продольным, что наиболее благоприятно для сглаживания поверхности. Отклонение от указанного пра-

Таблица 3

Схема переходов при механической обработке деталей из различных материалов

Характеристика обрабатываемых деталей	Шлифование				Шлифование с засалкой			Полирование		
	Зернистость абразива							Пасты		
	36—40	60—80	120—140	170—200	170—200	280—320	травяной круг	крокусная	известковая	хромовая
Чугунные отливки и сварные детали	О	П	П	П	П	О	О	П	П	О
Стальные кованые детали	Н	П	П	П	П	О	О	П	П	О
Стальные штампованные детали больших и средних размеров	Н	О	П	П	П	О	О	П	П	О
Детали из нержавеющей стали	Н	Н	П	П	П	П	О	О	О	О
Детали сложной конфигурации из латуни, цинка и их сплавов	Н	Н	Н	О	П	О	П	П	П	О
Детали простой конфигурации из латуни и цинкового сплава	Н	Н	Н	О	П	О	Н	П	П	П
Алюминиевые детали	Н	О	О	П	П	О	О	О	О	П
Стальные болты, шурупы и детали небольших размеров	Н	Н	О	О	П	Н	О	О	П	О
Условные обозначения: П — применяется; Н — не применяется; О — применяется в отдельных случаях.										

вила весьма нежелательно и может быть допущено лишь для деталей, конфигурация которых вынуждает производить шлифование в одном направлении.

В табл. 3 приводится примерный перечень переходов при шлифовании и полировании деталей различных типов и из различных материалов.

При обдирке и шлифовке стали и чугуна скорость вращения круга составляет 18—30 м/сек; латуни, меди, бронзы, томпака — 14—18 м/сек; цинка, алюминия — 12—14 м/сек. Наибольшее значение скорости принимают при шлифовании деталей простой формы, наименьшее — при обработке деталей сложной формы.

В табл. 4 указано допустимое число оборотов кругов при шлифовании различных металлов и сплавов.

Таблица 4

Допустимое число оборотов шлифовальных кругов различного диаметра

Обрабатываемый металл	Диаметр круга в мм				
	200	250	300	350	400
	Число оборотов в мин.				
Чугун, сталь, никель, хром	2850	2300	1880	1620	1440
Медь, латунь, томпак, бронза	2400	1900	1500	1350	1190
Цинк, алюминий, мельхиор	1900	1530	1260	1090	960

На предприятиях медицинской промышленности были проведены опыты по использованию для шлифовальных и полировальных работ гибких кругов на каучуковой связке. Они особенно пригодны для обработки профилированных деталей. Испытания показали, что круги с характеристикой Э-46 ЗГК могут заменить войлочные круги с шлифпорошком зернистостью 100 при обработке углеродистой и нержавеющей стали.

Снижение трудоемкости механической подготовки изделий перед осаждением гальванических покрытий достигается механизацией процессов. При массовом выпуске однотипной продукции особенно целесообразно применение станков-автоматов или полуавтоматов.

Подробно о станках см. вып. 11 Библиотечки гальванотехника.

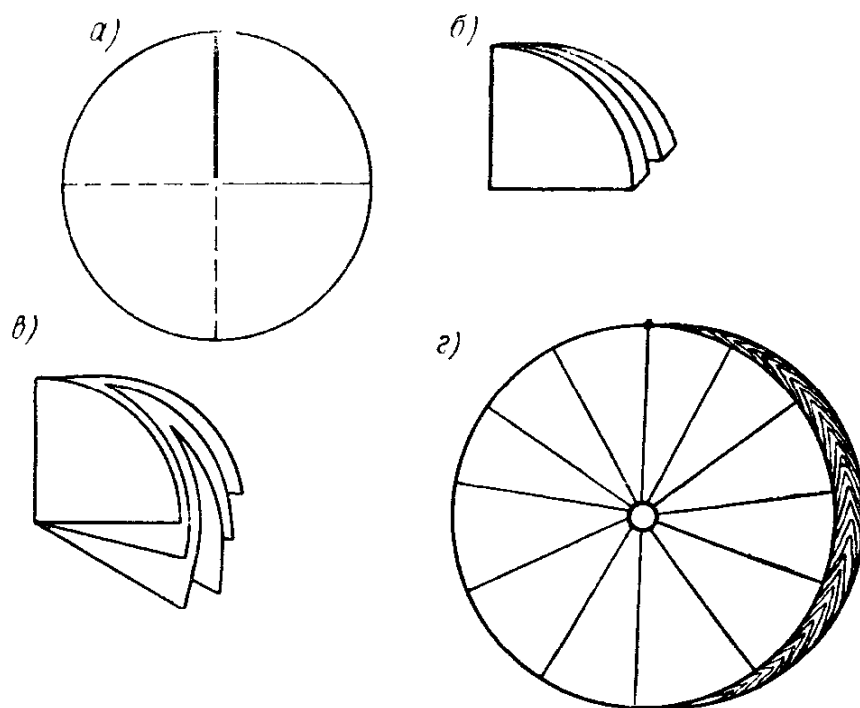
3. ПОЛИРОВАНИЕ КРУГАМИ

Полировочные круги изготавливаются из фетра, войлока или ткани.

Матерчатые круги из бязи, миткаля, полотна, байки или других тканей могут быть прошитыми и непрошитыми. Непрошитые круги представляют собой вырезанные в форме дисков куски материала

одинакового сорта, которые в виде пакета монтируются на шпинделе станка при помощи гаек или специальных конусов с резьбой. Применение конусов сокращает время на установку и снятие кругов. Стойкость кругов и качество их работы во многом зависят от способа укладки материала.

Непрошитые круги из мягкой ткани используют для полирования изделий сложного профиля и в тех случаях, когда требуется достигнуть интенсивного блеска поверхности металла.



Фиг. 1. Схема изготовления складчатых матерчатых кругов:

а — заготовка секции круга; б — секция; в — группа секций; г — складчатый круг.

Прошитые круги изготовляют из матерчатых дисков или из кусков ткани, уложенных между двумя дисками. Их применяют для полирования стали, хромовых и никелевых гальванических покрытий и изделий несложной формы.

Помимо указанных типов, в некоторых случаях пользуются специальными кругами со складками из свитых полос ткани, фигурными кругами — головками из шерсти. Круги со складками изготовляют из вырезанных в виде дисков кусков ткани, которые складывают вчетверо. Полученные таким путем сегменты вкладывают один в другой до образования круга, который прошивают возле отверстия (фиг. 1). Такие круги так же, как и свитые из полос ткани, хорошо удерживают полировочные пасты и не оставляют следов от ворса на полируемой поверхности. Пасты для полирования содержат абразив, жировые связки и специальные добавки.

Абразивным материалом служат венская известь (окись кальция с небольшими примесями окиси магния и железа), окиси железа (крокус), хрома и алюминия.

В качестве связок используются: стеарин, парафин, техническое сало, церезин, олеиновая кислота, воск. Специальные добавки — сера, скипидар, керосин — вводятся для изменения вязкости пасты и улучшения ее полирующих свойств. Пасты содержат обычно 60—70% абразива и 30—40% связки. Представляет интерес введение в состав пасты веществ, облегчающих смывание ее с поверхности металла. Полезными в этом случае могут оказаться так называемые вспомогательные вещества — ОП-7 и ОП-10 (полиэтиленгликолевый эфир), улучшающие смачиваемость металла.

Для приготовления пасты на закрытом огне расплавляют жиры, вводят специальные добавки и затем, при непрерывном помешивании, всыпают абразив. После получения однородной массы ее отливают в бумажные или металлические формы, протертые смазочным маслом, и оставляют до застывания. Абразивы должны быть предварительно просеяны через сито. Венская известь не должна содержать силикатов и влаги. Содержание в ней гидрата окиси кальция — гашеной извести — допускается не выше 5%. При длительном хранении качество известковой пасты ухудшается вследствие поглощения воды и углекислоты из воздуха. Поэтому такие пасты готовят в небольших количествах и сохраняют в герметичной упаковке.

Составы паст определяют применимость их для полирования различных металлов. Венская известь — более мягкий абразивный материал, чем окись хрома, поэтому известковые пасты при полировании снимают относительно меньшее количество металла. Пасты, содержащие стеарин, обладают наилучшими полирующими свойствами.

В табл. 5 приводятся составы некоторых паст, применяемых в гальванических цехах для полирования стали, латуни, алюминия и гальванических покрытий.

Имеются указания на нежелательность применения для полирования алюминия паст, содержащих окись хрома или крокус.

Эти составы могут адсорбироваться на поверхности металла, что приводит к появлению пятен, особенно выделяющихся при последующем анодировании изделий. В этом отношении более пригодны пасты, содержащие в качестве абразива известь.

Высоким качеством отличаются хромовые пасты, разработанные Государственным оптическим институтом. Они предназначены для доводочных и притирочных операций, обладают хорошей полирующей способностью и с успехом применяются для отделочных операций. В зависимости от зернистости абразива, эти пасты бывают трех видов: грубые, средние и тонкие (табл. 6). Присутствие в них активных добавок способствует ускорению процесса полирования.

Рабочую поверхность круга в процессе полирования периодически смазывают пастой. При этом примерно четверть поверхности круга и его края оставляют не смазанными и используют их для окончательного полирования. Во время смазывания круга необходимо избегать избытка пасты, так как это приводит к засаливанию

Таблица 5

Составы паст для полирования металлов

Полнруемый металл	Наименование пасты	Состав пасты	
		Наименование материала	Количество в весовых процентах
Углеродистая и нержавеющая сталь, хром	Хромовая	Окись хрома Стеарин Олеиновая кислота Парафин	65 23 4 8
То же	Хромовая	Окись хрома Стеарин Воск	72 14 14
Алюминий, никель, хром	Хромовая	Окись хрома Парафин Олеиновая кислота	70 28 2
Алюминий, никель, медь и ее сплавы	Крокусная	Окись железа Стеарин Олеиновая кислота Парафин	49 18,2 25 7,8
Алюминий, медь и ее сплавы, никель	Известковая	Венская известь Церезин Стеарин Техническое сало Скипидар	71,8 1,5 23 1,5 2,2
Алюминий, медь и ее сплавы, никель	Известково-крокусная	Венская известь Окись железа Воск Стеарин	70 10 10 10
Сталь, никель, медь и ее сплавы	Крокусная	Окись железа Стеарин Олеиновая кислота Церезин Парафин	73 18,6 1 2 5,4
Сталь, никель, медь и ее сплавы	Хромово-крокусная	Окись железа Окись хрома Парафин Олеиновая кислота	35 35 27 3

Продолжение табл. 5

Полируемый металл	Наименование пасты	Состав пасты	
		Наименование материала	Количество в весовых процентах
Никель, медь и ее сплавы	Алюминиевая	Окись алюминия Техническое сало Стеарин Церезин Скипидар	65 8 10 14,5 2,5
Цинковые сплавы	Крокусная	Окись железа Стеарин Олеиновая кислота Техническое сало	80 10,7 1,3 8
Цинковые сплавы, медь и ее сплавы	Алюминиево-крокусная	Окись алюминия Окись хрома Церезин Стеарин Техническое сало Скипидар	35,6 35,6 13,4 8,8 4,4 2,2

Таблица 6

Составы полировочных паст ГОИ

Наименование материала	Содержание в весовых процентах		
	Грубая паста	Средняя паста	Тонкая паста
Окись хрома	81	76	74
Силикагель	2	2	1,8
Стеарин	10	10	10
Расщепленный жир	5	10	10
Олеиновая кислота	--	--	2
Сода двууглекислая	--	-	0,2
Керосин	2	2	2

полируемых деталей. Недостаточное количество пасты на круге ухудшает качество полирования.

Во время полирования мягких и вязких металлов, например, алюминия, следует избегать местного перегрева их. Возникающие при перегреве на поверхности пятна могут явиться причиной брака при последующей обработке изделий.

При полировании сначала обрабатывают правую и левую половины поверхности деталей от середины к краю, а затем в той же последовательности полируют от краев к середине. Направление

полирования также меняют — сначала полируют наклонно влево и вправо, а затем продольно. Окончательная глянецовка производится в продольном направлении.

Полировальные круги загрязняются при работе и нуждаются в периодической очистке. Для удаления загрязненного слоя можно пользоваться шарошкой, либо плоскими металлическими предметами с острыми гранями. Скорость вращения полировальных кругов при обработке чугуна, стали, никеля, хрома составляет 30—35 м/сек, для меди, латуни, бронзы, томпака — 22—30 м/сек, цинка, олова, алюминия — 18—25 м/сек.

Число оборотов полировальных кругов составляет соответственно: 1500—3000 об/мин., 1300—2700 об/мин., 1100—2300 об/мин.

Удельный расход войлочных кругов составляет, примерно, 0,01 шт. на 1 м² обрабатываемой поверхности.

Для декоративной отделки ювелирных и некоторых других изделий, покрытых гальваническими осадками золота, серебра и платины, используют специальные полировальники, в которых полирующим материалом являются: кровавик, агат или твердый сплав. В отдельных случаях, например, для отделки серебра, могут быть использованы стальные полировальники. Рабочая поверхность полирующего материала должна быть овальной, гладкой, без царапин. Полирование производится вручную, возвратно-поступательными движениями по обрабатываемой поверхности, при одновременном нажиме инструмента. При этом происходит некоторое уплотнение металла, что приводит к сглаживанию мельчайших неровностей, устранению штрихов и появлению блеска. При работе полировальник периодически смачивают мыльной водой. Время от времени его полируют на куске кожи с хромовой пастой. Применение полировальников позволяет почти избежать потерь драгоценных металлов при их отделке.

4. ОБРАБОТКА В БАРАБАНАХ

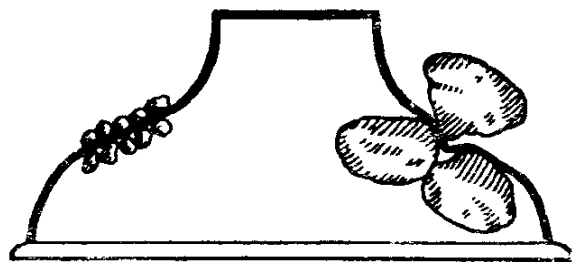
Обработка в барабанах, в зависимости от условий осуществления процесса, может использоваться для шлифования и полирования деталей, удаления заусенцев, продуктов коррозии и загрязнений.

Для снятия заусенцев и грубых неровностей в барабан вместе с деталями загружают абразив, например, наждак. Для более тонкой очистки можно использовать известь. Имеют значение также количество и размер частиц абразива. Обычно детали и абразив занимают $\frac{1}{3}$ — $\frac{3}{4}$ объема барабана. Чем крупнее частицы абразива, тем быстрее снимают они металл, но тем ниже получается класс чистоты поверхности. Крупные куски могут вызвать также деформацию тонких стенок деталей (фиг. 2).

Для смягчения трения абразива о деталь и ускорения процесса очистки применяют галтовку в нейтральной, кислой или щелочной среде. В барабан добавляют небольшое количество воды, 5-процентного раствора серной кислоты или 5-процентного раствора поташа. Кислая среда способствует разрыхлению и отделению от ме-

таля пленки окислов. В щелочном растворе смягчается режущее действие абразива и облегчается удаление загрязнений. Детали, имеющие толстый слой окалины, предварительно травят в кислоте. Это уменьшает продолжительность их обработки в барабане. При наличии на деталях слоя масел и смазок его следует предварительно удалить обезжириванием, чтобы не загрязнить абразив в барабане. Скорость вращения барабана составляет 20—60 об/мин. Галтовку грубообработанных деталей ведут при большей скорости вращения барабана.

Продолжительность галтовки меняется в широких пределах в зависимости от свойств металла, состояния его поверхности, вида и зернистости абразива, величины загрузки и скорости вращения барабана. Для мелких стальных деталей, изготовленных холодной штамповкой, она составляет 2—8 час.; для поковок может достигать 72 час. Полирование в барабанах пригодно как для подготовки изделий перед покрытиями, так и для отделки самих покрытий.



Фиг. 2. Схема влияния величины кусков абразива на деформацию тонких стенок изделий при галтовке.

Хорошие результаты дает обработка изделий в барабане со стальными полированными шариками или дробью. В качестве жидкой среды применяется мыльная вода, раствор мыльного корня, специальные эмульсии и полирующие смеси.

Чем выше уровень раствора в барабане, тем меньше сказывается режущее действие абразива. При полировании уровень раствора может быть на 5—10 см выше, а при шлифовании — на 8—12 см ниже уровня обрабатываемых деталей.

Стальные шарики должны иметь чистую полированную поверхность. Шарики берут различного диаметра, обычно от 2 до 10 мм, чтобы они могли проникнуть ко всем участкам обрабатываемых деталей. Объем шариков берут в 1,5—2 раза больше объема деталей. Общая загрузка должна занимать $\frac{3}{4}$ — $\frac{4}{5}$ объема барабана. В некоторых случаях загрузку делают настолько большой, чтобы при вращении барабана детали не перемещались, а происходило лишь перекачивание стальных шариков по их поверхности. Таким путем полируются, например, алюминиевые ложки. Жидкой средой в этом случае является эмульсия, содержащая 30 г мыла и 3 г бензина на 1 л воды.

Скорость вращения барабана при полировании составляет 20—80 об/мин., продолжительность полирования — 1—10 час.

После окончания обработки в барабане детали выгружают на сито, где отделяют от шлифующих и полирующих материалов, затем промывают и сушат.

Одним из видов указанного способа обработки является так называемое барабанное подводное шлифование и полирование. От

обычной галтовки оно отличается тем, что обработка деталей производится в перфорированном граненом барабане, помещенном в ванну с мыльным раствором и при таких условиях, когда уменьшается возможность соприкосновения деталей друг с другом.

В качестве шлифующего материала служит бой электрокорундовых кругов зернистостью от 40 до 240. Куски абразива различной величины должны в 3—5 раз превышать объем обрабатываемых деталей. Размер кусков не должен быть слишком малым, чтобы абразив не проваливался в отверстия барабана. Общая загрузка деталей и абразива занимает 50—60% объема барабана. Уровень мыльного раствора в ванне (0,1—0,2% мыла), в которой вращается барабан, должен быть на 2—4 см выше уровня деталей. Скорость вращения барабана составляет 30 об/мин., продолжительность шлифования — от 2 до 20 час.

При барабанном подводном полировании в качестве абразива применяются куски фарфора и стальные шарики. Фарфоровый бой предварительно галтуют в течение 40—60 час., чтобы сгладить острые грани. Используются куски размером 5—10 мм, 12—15 мм, 18—20 мм. Стальные шарики берут различного диаметра, от 3 до 10 мм. Общий объем шариков должен составлять примерно $\frac{1}{3}$ объема фарфорового боя. Отношение объемов стальных шариков к деталям обычно составляет 2:1—5:1, но может быть и большим. Общая загрузка деталей и абразивного материала в барабане составляет от 50 до 90% его объема. В тех случаях, когда требуется удалить заусенцы, количество абразива уменьшают, облегчается возможность перемещения деталей и абразива, что способствует большему съему металла.

Для устранения забоин на металле увеличивают количество абразива настолько, чтобы затруднить перемещение деталей и удары их друг о друга.

Жидкой средой при полировании служит 0,2—0,5-процентный раствор мыла. уровень раствора в барабане должен быть на 2—5 см выше уровня деталей.

Детали, поступающие на барабанную подводную обработку, не должны иметь раковин, забоин, глубоких царапин. Перед шлифованием абразивным боем рекомендуется обрабатывать их на абразивных кругах шлифпорошком зернистостью не ниже 60. Перед полированием фарфоровым боем и стальными шариками применяют порошок зернистостью не ниже 100.

Шлифованию и полированию в барабанах обычно подвергаются детали небольших размеров. При обработке крупных, склонных к деформированию деталей их необходимо закреплять с помощью специальных приспособлений в барабане, чтобы избежать повреждений при ударе деталей друг о друга.

5. КРАЦОВКА

Крацовочные щетки изготавливаются из тонкой прямой или гофрированной проволоки, которая в виде пучков закрепляется по окружности втулки, служащей основанием щетки. Материал и толщина

проволоки оказывают влияние на качество крацовки. Твердая или толстая проволока оставляет грубые следы на поверхности деталей. Щетки из гофрированной проволоки более упруги и служат дольше, чем изготовленные из прямой проволоки. Мягкие металлы обрабатывают латунными или медными щетками. В табл. 7 приведены основные характеристики крацовочных щеток.

Таблица 7

Характеристики крацовочных дисковых щеток

Крацуемый металл	Материал проволоки щеток	Диаметр проволоки в мм
Чугун, сталь, бронза	Сталь	0,05—0,4
Никель, медные гальванические покрытия	Нейзильбер	0,15—0,25
Цинковые, оловянные, медные и латунные гальванические покрытия	Латунь, медь	0,15—0,20
Серебро и серебряные гальванические покрытия	Латунь Нейзильбер	0,10—0,15
Золото и золотые гальванические покрытия	Латунь	0,07—0,10

Расход стальных крацовочных щеток составляет 0,02—0,15 шт. на 1 м² обрабатываемой поверхности. Чем меньше диаметр щетки, тем больше допустимое число оборотов. Так, для щеток диаметром 130—150 мм допускается 2500—2800 об/мин., при диаметре 300 мм — 1500—1800 об/мин.

При обработке гальванических покрытий на крацовочном станке вращающаяся щетка должна касаться поверхности металла лишь концами проволочек. Сильный прижим детали к щетке не улучшает качества отделки и приводит к увеличению съема металла.

Очистка деталей от шлама, заусенцев и окалины производится сухими щетками. При крацовке гальванических покрытий применяют 2—3-процентный раствор поташа или раствор мыла, облегчающий работу щеток, уменьшающий съем металла и улучшающий качество отделки.

Крацовка иногда применяется в качестве промежуточной операции при осаждении серебряных и золотых покрытий большой толщины.

При этом удаляется рыхлый поверхностный слой и осадок уплотняется, что позволяет производить дальнейшее его наращивание. Эта операция связана с потерями металла, применяемого для покрытия.

6. ПЕСКОСТРУЙНАЯ И ГИДРОАБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА

Очистка изделий струей песка производится в специальных камерах, устроенных так, чтобы оградить рабочего от воздействия абразивной пыли.

Детали, подвергаемые обработке, предварительно обезжиривают и сушат. Песок просушивают и просеивают через сита определенных номеров. Сжатый воздух очищают от влаги и масла.

Давление сжатого воздуха и размер зерен песка подбираются с учетом материала и толщины деталей. В табл. 8 приведены условия пескоструйной обработки некоторых типов деталей.

Таблица 8

Условия пескоструйной обработки

Характеристика деталей, подвергаемых пескоструйной обработке	Условия пескоструйной обработки	
	Давление воздуха в ат	Размер зерен песка в мм
Стальные поковки, крупные отливки и детали, штампованные из листовой стали толщиной свыше 3 мм	2,5—4,0	2,0—2,5
Мелкие чугунные отливки и детали, штампованные из листовой стали толщиной до 3 мм	1,5—2,5	1,5—2,0
Отливки из цветных металлов	1,0—1,5	0,5—1,0
Тонкостенные штампованные мелкие детали	0,5—1,0	0,5—1,0
Листовой материал толщиной до 1 мм	0,3—1,5	0,5—1,0

Выделение абразивной пыли во время пескоструйной очистки уменьшается при использовании влажного песка. Для работы с ним конструкция пескоструйных аппаратов должна быть изменена [3].

Для очистки поверхности металла вместо песка может быть применена стальная дробь. Подаваемая под давлением на детали, она также хорошо очищает их. Применяя мелкую дробь, можно достигнуть значительной чистоты поверхности металла.

При гидроабразивной очистке в качестве абразива используются песок, наждак, трепел, кукурузные хлопья. Для предохранения очищенного металла от коррозии в рабочую жидкость добавляют нитрит натрия, эмульсол или ингибиторы. Качество поверхности при этом способе обработки может быть получено весьма высоким. По производительности он также имеет преимущества по сравнению с пескоструйной обработкой [4].

ГЛАВА II

ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

7. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Изделия, поступающие в гальванический цех, покрыты жировой пленкой большей или меньшей толщины. Она появляется в результате предшествующей термической обработки, механической обработки с применением масел или охлаждающих жидкостей, консервации густыми смазками, от прикосновения рук, всегда несущих на себе следы жира. Такая пленка изолирует металл от соприкосновения с электролитом в гальванической ванне и препятствует осаждению покрытия. Недостаточная очистка изделий от жировых загрязнений служит одной из основных причин брака в производстве гальванических покрытий. Поэтому обезжиривание является необходимой и обязательной операцией при обработке изделий в гальванических цехах.

Жиры практически нерастворимы в воде и для удаления их с поверхности металла применяются различные способы, в зависимости от химической природы жиров. Животные и растительные жиры разрушаются под действием горячих щелочных растворов, образуя растворимое в воде мыло.

Смазочные масла не разрушаются щелочами, но образуют при их воздействии водные эмульсии, что облегчает удаление жиров с поверхности металла.

При обработке в горячем щелочном растворе зажиренных изделий происходит разрыв жировой пленки. Животные и растительные жиры омыляются и в основном смываются с поверхности металла горячим раствором. Смазочные масла в виде капелек удерживаются на поверхности. Сила сцепления их с металлом такова, что действие раствора, содержащего только щелочь, оказывается недостаточным для удаления капель жира. Поэтому в раствор добавляют эмульгаторы, например, жидкое стекло, мыло, которые понижают поверхностное натяжение жировой пленки, способствуя тем самым отделению ее от металла.

При электрохимическом обезжиривании активную роль в удалении жиров играют пузырьки газа, выделяющиеся во время электролиза, и поляризация обрабатываемого изделия. Как было показано [5], с увеличением катодной поляризации уменьшается прочность прилипания масла к поверхности катода и улучшается смачиваемость металла водой. Мелкие пузырьки газа при отделении от

катода задерживаются каплями масла. По мере хода электролиза размер пузырька увеличивается за счет соединения нескольких мелких пузырьков. Влекомая пузырьком капля масла вытягивается и, наконец, отрывается от поверхности металла.

При электрохимическом обезжиривании концентрация щелочи и эмульгаторов в растворе может быть меньше, чем при химическом, так как они являются вспомогательным средством удаления жира с поверхности металла.

Основным процессом электрохимического обезжиривания является выделение газов. При длительном катодном обезжиривании выделяющийся водород может проникнуть в обрабатываемый металл. Такое наводораживание служит одной из причин плохого сцепления гальванических покрытий с основным металлом. На покрытии образуются мелкие пузыри, вздутия. Наводораживание приводит также к увеличению хрупкости изделий, в особенности изготовленных из тонкого материала. Чтобы избежать этого, обезжиривание черных металлов производят при периодическом переключении изделий с катода на анод. Промывка в органических растворителях используется для предварительной очистки сильно загрязненных изделий, в особенности после обработки их полировочными пастами. После такой промывки на поверхности металла остается тонкая жировая пленка и изделия должны быть подвергнуты дальнейшему химическому или электрохимическому обезжириванию.

Из новых методов очистки представляют интерес применение ультразвука и очистка в несмешивающихся растворителях. В первом случае изделия погружаются в раствор, который приводится в колебательное движение с частотой, превышающей звуковую. При этом ослабляются силы сцепления частиц грязи и жира с металлом, и частицы отделяются от поверхности изделия. Применение ультразвука ускоряет процесс обезжиривания и позволяет очищать труднодоступные участки изделий, например глухие отверстия, узкие и глубокие каналы.

Очистка в несмешивающихся растворителях заключается в одновременном использовании двух растворителей с различным удельным весом. Обрабатываемое изделие при погружении в ванну проходит сначала слой одного, а затем другого растворителя. Для верхнего слоя используются углеводороды с добавками жирных кислот и некоторых растворяющих веществ. В этом растворителе удаляются вазелин, ланолин, смазочные масла. Нижний слой представляет собой эмульсию растворителя в воде с добавками смачивающих веществ и растворимого мыла. В этом слое растворяются неорганические соли и некоторые другие загрязнения. Указанный метод может использоваться для обработки изделий не только путем погружения их в раствор, но и струйной промывкой одновременно двумя растворителями. Способ двухфазной очистки позволяет уменьшить трудоемкость и продолжительность химической подготовки изделий перед покрытиями. Но имеющиеся сведения о нем недостаточны для того, чтобы уже сейчас этот способ был широко использован.

8. ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

Для обезжиривания применяются горючие растворители: керосин, бензин и негорючие: дихлорэтан, трихлорэтилен, четыреххлористый углерод, а также некоторые другие органические растворители. Все они токсичны, и работа с ними должна производиться в шкафах, оборудованных вытяжной вентиляцией, а с некоторыми — в закрытых аппаратах.

В таких аппаратах обработка изделий производится в несколько стадий, последняя из которых состоит в очистке в парах растворителя. Предусматривается также непрерывная циркуляция и очистка растворителя.

Обезжиривание бензином или керосином производится погружением в них изделий и протиркой волосистой щеткой или салфеткой из хлопчатобумажной ткани. Иногда на поверхности металла, особенно в углублениях, имеется прочно приставший слой полировочной пасты. Для удаления ее приходится применять ручную протирку или выдерживать изделия в растворителе 30—40 мин. Промывка изделий производится последовательно в нескольких ваннах, причем в последней из них должен находиться чистый растворитель.

Промытые изделия просушивают до удаления следов растворителя, после чего передают на химическое или электрохимическое обезжиривание в щелочных растворах.

При работе с бензином или керосином необходимо принимать меры предосторожности ввиду пожароопасности этих жидкостей.

9. ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕЗЖИРИВАНИЕ В ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ

Растворы для химического обезжиривания содержат едкую щелочь, легко гидролизующиеся соли щелочных металлов и эмульгаторы. Увеличение концентрации едкой щелочи способствует более интенсивному омылению жиров. Однако образующиеся мыла труднее растворяются в концентрированных щелочных растворах. Помимо этого, при большой концентрации щелочи на поверхности металлов могут образоваться оксидные пленки, препятствующие в дальнейшем осаждению гальванических покрытий. По указанным причинам для обезжиривания черных металлов применяются растворы, содержащие не более 100—150 г/л едкой щелочи, а для обезжиривания меди и ее сплавов — не выше 30—50 г/л.

Для обезжиривания алюминия, цинка, олова, свинца и других растворяющихся в щелочах металлов и сплавов применяют растворы, основной составной частью которых являются слегка гидролизующиеся щелочные соли: кальцинированная сода, поташ, тринатрийфосфат и цианистый калий. Концентрация солей не превышает 100—150 г/л.

В качестве эмульгаторов используются жидкое стекло, мыло, контакт Петрова (керосиновый контакт), вспомогательное вещество

ОП-7 или ОП-10. Последние два эмульгатора оказывают особенно эффективное действие, значительно уменьшая продолжительность и улучшая качество обезжиривания, позволяя в некоторых случаях обойтись без предварительного обезжиривания изделий органическими растворителями. Контакт Петрова представляет собой продукт, получаемый при сульфировании нефти. Это темная, маслянистая жидкость, имеющая кислую реакцию. Вспомогательное вещество, выпускаемое под марками ОП-7 и ОП-10, представляет собой полиэтиленгликолевый эфир. Оно обладает хорошими моющими свойствами и улучшает смачиваемость поверхности металлов.

Обезжиривание производят в растворах, нагретых до 70—90°. Продолжительность обезжиривания составляет 2—10 мин., а для сильно загрязненных стальных изделий — до 30 мин. Перемешивание или струйная подача раствора весьма ускоряют очистку. О качестве обезжиривания судят по смачиванию поверхности металла водой. При отсутствии жира вода покрывает металл сплошной тонкой пленкой, а при наличии жира — собирается каплями на поверхности.

Таблица 9

Составы растворов для обезжиривания

Наименование химикатов	Номера растворов										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Количество химикатов в г/л										
Едкий натр или едкое кали	80—100	100—150	30—50	20—30	—	40—50	—	—	—	—	3—5
Фосфорнокислый натрий трехзамещенный	30—40	—	20—30	70—80	40—45	30—40	30—35	80—100	25—30	20—25	2
Натрий углекислый	—	30—50	20—30	—	35—40	40—50	20—25	—	25—30	20—25	40—50
Жидкое стекло	—	5—10	2—3	5—8	—	—	5—10	10—15	—	—	20—30
Контакт Петрова	40—50	—	—	—	—	15—20	—	—	10—15	—	—
ОП-7 или ОП-10	—	—	—	20—30	—	—	5—10	—	—	5—10	—
Обезжириваемый металл											
	Черные металлы					Медь и ее сплавы		Алюминий и его сплавы			
Для обработки полированных изделий целесообразно пользоваться растворами 4, 5, 7											

После обезжиривания изделия промывают сначала в горячей, а затем в холодной проточной воде.

В табл. 9 приведены составы растворов для обезжиривания различных металлов.

Корректирование растворов для обезжиривания производят добавлением щелочи и щелочных солей на основании данных химического анализа растворов. При уменьшении скорости или ухудшении качества обезжиривания в раствор добавляют эмульгатор — 10—15% от количества взятого при приготовлении ванны.

Обезжиривание грубообработанных изделий из черных металлов можно вести в железных барабанах, сочетая этот процесс с галтовкой. В этом случае используют щелочные растворы, содержащие 100—150 г/л едкого натрия или едкого кали.

Для очистки полированных изделий иногда применяется обезжиривание протиркой салфетками или волосяными щетками с кашицей венской извести или отмученного мела. Протирка — сравнительно трудоемкая операция и поэтому ее можно рекомендовать лишь для обработки небольшой партии изделий.

10. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

Для электрохимического обезжиривания могут использоваться те же растворы, что и для химического обезжиривания, но менее концентрированные.

Концентрация эмульгаторов в растворе обычно не превышает 3—10 г/л. При большем содержании их электролиз сопровождается образованием пены на поверхности раствора. Обильная пена может задерживать удаление газов, что приведет к образованию гремучей смеси и в случае искрения у электродных штанг явится причиной взрыва.

Обезжиривание меди, латуни, бронзы, цинка и его сплавов, алюминия и его сплавов производят на катоде. При обезжиривании стальных изделий их переключают с катода на анод и заканчивают процесс при анодном включении.

Большой интерес представляют экспериментальные работы по обезжириванию переменным током. Для этой цели применяются растворы, содержащие в качестве эмульгатора полиэтиленгликолевый эфир [6]. При плотности тока до 10 а/дм² электролиз не сопровождается видимым выделением пузырьков газа. Увеличение плотности тока или применение таких растворов для обезжиривания постоянным током сопровождается выделением газов и образованием пены, что сопряжено с опасностью взрыва. Поэтому обезжиривание ведут при плотности переменного тока 5—7 а/дм². Применение переменного тока устраняет возможность наводороживания металла и повышает производительность оборудования за счет более полного использования ванны.

В табл. 10 приведены данные о составах электролитов и режимах электрохимического обезжиривания различных металлов. Напряжение источника тока для питания ванн 10—12 в.

Составы электролитов и режимы электрохимического обезжиривания

Наименование химикатов	Содержание химикатов в г/л				
	Номера растворов				
	1	2	3	4	5
Сода каустическая или едкое кали	40—50	30—40	—	—	—
Углекислый натрий	60—70	20—30	—	40—50	25—30
Фосфорнокислый натрий трехзамещенный	10—15	50—60	40—50	30—40	25—35
Жидкое стекло	3—5	8—10	—	3—5	—
ОП-7 или ОП-10	—	—	—	—	5—10
Режим обезжиривания					
Плотность тока в а/дм ²	5—10	3—8	3—5	3—5	5—7
Температура электролита в °С	70—90	70—90	70—90	70—90	70—90
Продолжительность обезжиривания в мин.	5—10	5—10	1—3	0,5	0,2—1

При электролизе применяются нерастворимые аноды из никелированной стали. Использование стали без гальванического покрытия никелем не рекомендуется вследствие быстрого ржавления электродов.

Растворы 1, 2 используются для обезжиривания черных металлов, 2 — меди и ее сплавов, 3 — цинка и его сплавов, 4 — алюминия, сплавов цинка, свинца и кадмия. Раствор 5 предложен для обезжиривания черных и цветных металлов с использованием переменного тока. В более концентрированных растворах обезжиривают грубо обработанные, сильно загрязненные изделия. Менее концентрированные растворы рекомендуются для обезжиривания изделий, имеющих полированную поверхность.

Электрохимическое обезжиривание может производиться при одновременном омеднении металла. Этот процесс основан на том, что в щелочных цианистых растворах также происходит омыление жиров. При обработке изделий в медном электролите на освободившихся от жиров участках металла будет осаждаться медь. Покрытие всей поверхности металла осадком меди указывает на окончание процесса обезжиривания. Применяемые в этом случае электролиты отличаются от обычных растворов для омеднения большим содержанием едкой щелочи и меньшим содер-

жанием меди и цианистого калия. Рекомендуются следующие составы электролитов и режимы меднения:

1. Калий углекислый	100 г/л
Калий цианистый	20 "
Медь углекислая	7 "
Плотность тока	5 а/дм ²
Температура электролита	18—25°
Продолжительность электролиза	1—5 мин.
2. Сода каустическая	50 г/л
Сода кальцинированная	50 "
Натрий цианистый	50 "
Медь цианистая	12 "
Жидкое стекло	5 "
Плотность тока	5—10 а/дм ²
Температура электролита	18—25°
Продолжительность электролиза	1—3 мин.

Аноды нерастворимые — никель или никелированные стальные листы.

Осаждаемый при электролизе слой меди весьма тонок, порист и не может служить защитой изделий от коррозии. После проведенного таким путем обезжиривания изделия должны дополнительно покрываться никелем, медью или другим гальваническим осадком. Обезжиривание с одновременным меднением целесообразно применять лишь для обработки изделий простой формы с полированной поверхностью, имеющих небольшие загрязнения.

11. ОЧИСТКА С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Опыт применения ультразвука для очистки изделий в нашей промышленности пока еще невелик.

Обработка изделий ультразвуком производится в ванне, в которую вмонтирован элемент, передающий колебания. Ванна заполняется органическим растворителем или щелочным раствором. Обрабатываемое изделие располагается в ванне так, чтобы, по возможности, все участки его поверхности находились в зоне действия ультразвуковых колебаний. Удобным может явиться применение ультразвукового шупа, подводя который к отдельным труднодоступным участкам изделий, можно осуществлять их очистку. Такой способ, возможно, окажется пригодным для очистки отдельных участков больших деталей, так как ультразвуковая обработка таких деталей в ванне пока еще трудно осуществима. Для очистки деталей после штамповки, удаления пленок, лаков и жиров, применяют частоты от 15 до 50 кгц. Для очистки деталей, имеющих сложную форму и отверстия, используют частоты от 200 кгц до 1 мгц [7].

Имеющиеся в нашей промышленности установки для ультразвуковой очистки предназначены для обработки мелких изделий, например, деталей часов. Такое положение связано с отсутствием мощных генераторов ультразвуковых колебаний. В связи с этим производятся опыты по обезжириванию с применением колебаний тока промышленной частоты. Колебания передаются на тонкую стальную или латунную диафрагму, которая устанавливается на дне ванны или погружается в обезжиривающий раствор сверху. Эффективность такой обработки меньше, чем при использовании ультразвука.

ГЛАВА III

ТРАВЛЕНИЕ

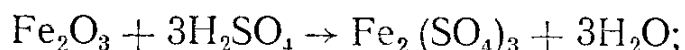
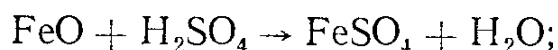
12. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Продукты коррозии — окалина, пленки окислов на поверхности металла препятствуют осаждению на нем гальванических покрытий. Для удаления их используют химическое или электрохимическое травление. Кроме того, возможность путем травления снимать металл в глубину используется в специальных случаях для получения рельефных изображений и в процессе так называемого химического фрезерования.

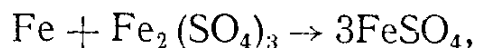
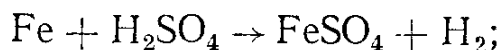
Одним из видов травления можно считать также операцию декапирования, применяемую при подготовке к гальваническим покрытиям.

Химическое и электрохимическое травление производят в растворах серной, соляной или азотной кислот, их солей и, реже, в растворах щелочи. Происходящие при этом процессы можно пояснить на примере травления железа в серной кислоте.

Окалина на железе состоит, в основном, из смеси окислов FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . В результате взаимодействия с кислотой окислы переходят в растворимые в воде соли. Этот процесс можно выразить следующими реакциями:



Неравномерность распределения окалины на поверхности изделий приводит к тому, что при травлении, помимо окислов, растворяется металлическое железо и выделяется водород. Этот процесс выражается следующими реакциями:



которые приводят к разъеданию отдельных участков изделий. Выделяющийся водород проникает в металл и увеличивает его хрупкость. Поэтому состав травильного раствора и режим травления выбирают с таким расчетом, чтобы влияние этих побочных процессов было наименьшим.

Растворимость окислов железа в кислотах неодинакова. В серной кислоте они растворяются меньше, чем в соляной кислоте той же концентрации. В соляной кислоте окалина удаляется преимущественно за счет ее растворения, а в серной кислоте — в результате нарушения связи с металлом, благодаря его подтравливанию и разрыхлению выделяющимися пузырьками водорода. Повышение, в определенных пределах, температуры раствора и концентрации кислоты ускоряет травление. Наибольшая скорость травления достигается в 20—25-процентной серной кислоте или в 15—20-процентной соляной кислоте. В 10-процентном растворе H_2SO_4 с повышением температуры от 15 до 60° продолжительность травления уменьшается в 10—15 раз. При травлении в серной кислоте происходит и реакция восстановления железа водородом: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, вследствие чего травильные растворы содержат железный купорос FeSO_4 .

Для уменьшения влияния побочных процессов при травлении в растворы добавляют замедлители травления, так называемые ингибиторы. Они значительно замедляют процесс растворения металла, уменьшая тем самым количество выделяющегося водорода. Скорость растворения окалина при этом меняется незначительно. В качестве ингибиторов используются некоторые органические вещества и продукты сульфирования отходов животного производства. Наводораживание металла уменьшается также, если травильный раствор содержит хлористый натрий.

При выборе травильного раствора следует учитывать экономическую сторону процесса. В этом отношении серная кислота имеет преимущества — она дешевле соляной кислоты и расход ее в несколько раз меньше. Кроме того, на больших установках применяют регенерацию травильных растворов с получением $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Влияние состава и температуры травильного раствора сказывается значительно меньше при травлении изделий электрохимическим путем. В последнем случае обработка производится с применением постоянного тока — на аноде или на катоде — и иногда с применением переменного тока. При катодном травлении удаление окалина происходит за счет восстановления окислов и отделения их от металла бурно выделяющимися пузырьками водорода. При анодном травлении окалина удаляется в результате электрохимического и химического растворения металла и отрыва окислов выделяющимися пузырьками газа.

Электрохимический способ снятия окалина применяется, в основном, для черных металлов.

Анодное травление требует особого внимания обслуживающего персонала вследствие опасности перетравливания изделий при длительном пребывании их в ванне. Следует также учитывать, что в результате растворения металла изменяются размеры изделий.

При катодной обработке размеры изделий не изменяются и почти исключается растравливание освобожденных от окалина участков металла. Это обстоятельство очень важно для обработки полированных изделий, а также изделий с высоким классом точности. Но

при катодном травлении следует считаться с сопутствующим ему наводороживанием обрабатываемого металла.

Для удаления из металла поглощенного им водорода изделия прогревают в течение 2—3 час. при температуре 180—200°.

Для защиты стали от перетравливания и наводороживания при катодном травлении применяются электролиты, содержащие, помимо серной или соляной кислот, соли свинца или олова. Пузырьки водорода, выделяющиеся при электролизе в таких растворах, разрыхляют окалину и отрывают ее от поверхности катода. На освоенных от окалины участках металла осаждается тонкой пленкой свинец или олово. Пленка эта защищает металл от дальнейшего травления и проникновения водорода. После удаления окалины защитная пленка снимается при обработке изделий в щелочных растворах. Для травления нержавеющей сталей может применяться и процесс с наложением переменного тока.

Электрохимический способ травления, по сравнению с химическим, уменьшает расход химикатов и продолжительность процесса и позволяет обрабатывать стали различного состава, в том числе легированные, трудно поддающиеся химическому травлению. Скорость травления при электролизе в меньшей степени зависит от изменения концентрации в электролите кислоты и солей железа, чем при химическом травлении.

К недостаткам электрохимического травления относится необходимость питания ванн электрическим током. Кроме того, низкая рассеивающая способность электролитов затрудняет травление профилированных изделий.

Усовершенствование способов травления в настоящее время идет по пути изыскания новых растворов и методов, повышающих эффективность очистки металла.

Проведенные опыты показали принципиальную возможность совмещения в одной операции обезжиривания и травления изделий. Рабочий раствор в этом случае содержит кислоту, обезжиривающие и смачивающие агенты. Дальнейшие работы в этом направлении позволят установить рабочие условия осуществления процесса и область его применения.

Ускорение процесса травления может быть достигнуто одновременным воздействием на металл ультразвуковых колебаний.

13. ХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ

Травление черных металлов. Для химического травления черных металлов используются главным образом серная и соляная кислоты, наиболее эффективно удаляющие продукты коррозии металла. Лишь в отдельных случаях применяют азотную, хромовую и плавиковую кислоты.

Применение ингибиторов на 40—50% уменьшает потери металла и на 30—40% снижает расход кислоты.

В качестве ингибиторов используются патока (сорт «безымянка») и специальные продукты — сульфошлам, КС, ПЖ, Уникол.

При травлении в соляной кислоте применяются ингибитор Уникол ПБ-8 и ПБ-5. Первый из них вводится в ванну в виде водного сиропа, второй предварительно растворяют в концентрированной соляной кислоте. Концентрация ингибитора в травильном растворе составляет 8—10 г/л. При травлении в серной кислоте применяется ингибитор ЧМ, состоящий из двух отдельных реактивов — регулятора травления «Р» и пенообразователя «П». В травильный раствор сначала вводят состав «П», а затем «Р». Концентрацию ингибитора меняют в зависимости от температуры, при которой производится травление, и состояния поверхности металла. При температуре травильного раствора ниже 50° и незначительном слое окалина концентрация состава «Р» принимается 0,5 г/л, состава «П» — 0,8 кг на 1 м² площади зеркала раствора. При температуре выше 50° и толстом слое окалина концентрация состава «Р» принимается 1,5 г/л, состава «П» — 1—1,5 кг на 1 м² площади зеркала раствора. Ингибитор ЧМ при работе ванны не расходуется, и уменьшение концентрации его происходит в основном за счет уноса с деталями и парами раствора. При корректировании травильного раствора добавкой кислот одновременно добавляется пропорциональное количество ингибитора.

Срок службы травильных растворов определяется концентрацией в них кислоты и солей железа. Скорость снятия окалина уменьшается при накоплении в растворе FeSO₄ и уменьшении концентрации кислоты. Смена сернокислых растворов, работающих без нагревания производится тогда, когда концентрация кислоты понижается до 50% от первоначального количества, а содержание солей железа достигает 20—25%. Солянокислый раствор заменяется новым, если концентрация кислоты понижается до 5%, а содержание солей железа увеличивается до 25—30%.

Травление сталей сопровождается выделением на их поверхности шлама — порошкообразного налета карбидов железа, которые не растворяются в соляной и серной кислотах. Удаление этого шлама протиркой изделий щетками — весьма трудоемкая операция. В литературе рекомендуется несколько способов химического снятия травильного шлама. По одному из них, после травления в растворе серной кислоты изделия промываются водой, погружаются на несколько секунд в концентрированную азотную кислоту, снова промываются и погружаются в раствор, содержащий 200—250 г/л CrO₃ и 3—6 г/л H₂SO₄, или в отработанный электролит для хромирования. Обработанные таким путем изделия перед загрузкой в гальванические ванны погружают на несколько секунд в соляную кислоту, где с металла удаляется пассивная пленка.

Для удаления шлама с поверхности высокоуглеродистых сталей рекомендуется производить анодную обработку их при плотности тока 5—7 а/дм² в растворе, содержащем 50—100 г/л едкой щелочи. В табл. 11 приведены составы растворов и режимы травления углеродистой стали.

Растворы 1, 2, 3 применяются для травления деталей, полученных ковкой или штамповкой, имеющих толстый слой окалина.

Составы растворов и режимы химического травления углеродистых сталей

Наименование химикатов	Номера растворов			
	1	2	3	4
	Содержание химикатов в г/л			
Серная кислота уд. веса 1,84	200—250	—	70—100	80—100
Соляная кислота уд. веса 1,19	—	150—200	100—150	—
Ингибитор КС	—	0,5—1,0	2—3	—
Ингибитор ЧМ	3—5	—	—	—
Ингибитор Уникол МН-10	—	—	—	15—20
Режим травления				
Температура раствора в °С	20—60	20—30	30—40	20—60
Продолжительность травления в мин.	До удаления продуктов коррозии (30—90 мин.)			

Раствор 4 применяют для обработки деталей с незначительной окалиной, не допускающих перетравливания.

Удаление окалины почти без нарушения размеров деталей может производиться в растворе следующего состава:

Хромовый ангидрид	200 г/л
Ортофосфорная кислота	50 "
Температура раствора	80—90°

Для травления отливок, на поверхности которых имеются включения кварцевого песка, или изделий из чугуна применяют 2—5-процентный раствор плавиковой кислоты.

Травление легированных сталей часто производят последовательно в двух растворах. В первом из них происходит снятие основной массы продуктов коррозии, во втором удаляются тонкие пленки и происходит осветление металла. Так как хром, содержащийся в сталях, весьма устойчив против действия серной кислоты, то травление таких сталей производят в растворах, содержащих соляную кислоту. В табл. 12 приведены составы растворов и режимы травления легированных сталей.

Растворы 1 и 2 применяются для травления хромоникелевой стали, раствор 3 — для травления хромистой стали, содержащей до 12% хрома, растворы 4, 5, 6 — для травления хромистой стали, содержащей 12—17% хрома. Растворы 1, 3, 6 используются для черного, а 2, 4, 5 — для чистового травления.

Для травления отдельных участков изделий могут быть использованы специальные пасты. Они готовятся смешением

Составы растворов и режимы химического травления легированных сталей

Наименование химикатов	Номера растворов					
	1	2	3	4	5	6
	Содержание химикатов в г/л					
Соляная кислота уд. веса 1,19	250—300	500—550	250—270	100—120	22—25	100—150
Серная кислота уд. веса 1,84	400—420	—	200—230	—	65—70	—
Азотная кислота уд. веса 1,40	—	70—80	—	—	—	—
Плавиковая кислота уд. веса 1,15	—	—	—	4—5	—	—
Ингибитор КС	1,8—2,2	1,2—1,5	2,2—2,5	—	—	—
Режим травления						
Температура раствора в °С	40—50	40—50	50—60	40—50	40—60	40—50
Продолжительность травления в мин.	40—80	3—5	40—80	3—10	3—10	40—80

травильного раствора со связующим веществом и наполнителем. В качестве наполнителя можно использовать мелкозернистый песок, тонковолокнистый асбест. Паста наносится на изделие и выдерживается на нем до удаления продуктов коррозии. К недостаткам травления пастами относится трудность контроля процесса, вследствие чего возможно перетравливание металла.

Хорошие результаты дает применение струйного метода травления изделий перед гальваническими и лакокрасочными покрытиями. Травильный раствор подается под давлением на поверхность металла под углом 45—90°, скорость подачи составляет 15—30 м/сек. По сравнению с обработкой в стационарных ваннах струйный метод ускоряет процесс в 5—10 раз. При этом очистка соляной кислотой более эффективна, чем серной кислотой. Наличие в травильном растворе ингибиторов снижает эффективность травления. Струйная очистка позволяет применять менее концентрированные растворы кислот и уменьшает возможность наводораживания металла.

Травление цветных металлов. Химическое травление цветных металлов производится последовательно в двух растворах. В первом из них удаляется основная масса продуктов коррозии, во втором производится осветление поверхности, и она приобретает некоторый блеск. Основными материалами для травления меди и ее сплавов служат азотная, серная и соляная кислоты.

Плотный черный слой окалины на медных сплавах удаляется травлением в 10-процентном растворе H_2SO_4 . Для ускорения процесса раствор можно нагревать до 50—60°. В других случаях травление ведут при комнатной температуре, так как повышение ее увеличивает неравномерность растворения отдельных составляющих сплава. Неравномерность травления зависит также от соотношения количества кислот в ванне. Скорость растворения меди при травлении латуни возрастает с увеличением концентрации в растворе азотной и серной кислот, а цинка — с увеличением концентрации соляной и серной кислот. При избытке азотной кислоты происходит преимущественное вытравливание меди, и поверхность изделия приобретает матово-желтый цвет. Избыток соляной кислоты приводит к вытравливанию цинка, и поверхность изделия покрывается коричневыми пятнами.

Качество обработки поверхности металла улучшается при добавке в травильный раствор голландской сажи. Она представляет собой высший сорт печной сажи с минимальным количеством примесей. Зольность ее не должна превышать 0,1 %, влажность — не более 5%. Сажу предварительно смешивают с азотной кислотой, затем полученную смесь добавляют в травильный раствор.

Для удаления примесей формовочного песка с латунных изделий используют растворы, содержащие плавиковую кислоту.

Процесс травления меди и ее сплавов протекает довольно быстро. В ванне предварительного травления изделия выдерживаются до удаления с их поверхности слоя окислов, после чего промываются в горячей воде, высушиваются на воздухе и передаются на глянцевого травления. Погружение в раствор для глянцевого травления изделий со следами воды на поверхности нежелательно, так как это приводит к разбавлению раствора. Глянцевого травления продолжается 5—20 сек., пока поверхность металла не станет светлой и не приобретет легкий блеск. После глянцевого травления изделия быстро и тщательно промываются холодной проточной водой.

Корректирование травильных растворов производится добавлением в них кислот на основании данных химического анализа. Растворы для глянцевого травления используются до тех пор, пока концентрация в них солей не превышает 20—25 %. Отработанные растворы могут использоваться для предварительного травления изделий.

В табл. 13 приведены составы растворов и режимы травления меди и ее сплавов.

Растворы 1, 2 рекомендуются для травления меди; 4, 5 — для травления отливок медных сплавов; 6, 7 — для травления мельхиора. Раствор 2 применяется для обработки тонкостенных изделий. Растворы 1, 2, 4, 6 служат для предварительного, а 3, 5, 7 — для глянцевого травления.

Для глянцевого травления латуни и медных стальных изделий перед осаждением на них блестящего никеля

Составы растворов и режимы химического травления меди и ее сплавов

Наименование химикатов	Номера растворов						
	1	2	3	4	5	6	7
	Содержание химикатов в г/л						
Азотная кислота уд. веса 1,4	250—300	80—100	80—100	730—750	580—600	950—1000	650—700
Соляная кислота уд. веса 1,19	4—5	4—5	2,5—3	—	20—25	3,5—4	—
Серная кислота уд. веса 1,84	650—700	650—700	750—800	—	—	—	850—900
Плавиковая кислота уд. веса 1,15	—	—	—	950—1000	450—500	—	—
Хлористый натрий	—	—	—	18—20	—	—	12—15
Азотнокислый натрий	—	—	—	—	60—65	—	—
Сернокислый цинк	—	—	—	—	320—350	—	—
Сажа голландская	—	—	—	—	—	2—3	1—2
Режим травления							
Температура раствора в °С	18—25	18—25	18—25	18—25	40—50	18—25	18—25
Продолжительность травления в мин.	0,5—1	0,5—1	0,1—0,3	3—5	0,5—1	2—3	0,5—1

успешно был применен раствор, содержащий 1 л HNO_3 , 1 л H_2SO_4 , 0,25 л HCl .

Для получения матовой поверхности изделия из меди и ее сплавов обрабатывают в растворе следующего состава:

Азотная кислота уд. веса 1,35	300 г
Серная кислота уд. веса 1,84	200 „
Натрий хлористый	2 „
Цинк сернокислый	1,5 „

Для травления других цветных металлов также применяется серная, соляная или азотная кислота. Свинец травят в 5—10-процентном растворе азотной кислоты; цинк, олово, кадмий — в 5—15-процентном растворе соляной кислоты; медно-никелевые сплавы — в 15—20-процентном растворе серной кислоты.

Алюминий травят в 10—20-процентном растворе едкого натра. Если травление вести в горячем растворе щелочи, насыщенном поваренной солью, то поверхность алюминия приобретает серебристый цвет. Алюминиевые сплавы после травления в щелочи и промывки в воде осветляют погружением на несколько секунд в азотную кислоту или в раствор, содержащий 100 г/л CrO_3 и 15 г/л H_2SO_4 . Сплавы, содержащие кремний, осветляют в 5—10-процентном растворе плавиковой кислоты или в растворе, содержащем 75% HNO_3 и 25% HF (по объему). Изделия из алюминия, имеющие незначительные допуски на изменение размеров, можно травить в концентрированной серной кислоте, в которой растворено 3—5% CrO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. При этом практически исключается перетравливание металла, что особенно важно для изделий с полированной поверхностью. Все указанные растворы для травления алюминия позволяют применять их без предварительного обезжиривания изделий в щелочных растворах.

14. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ

В табл. 14 приведены составы электролитов и режимы травления углеродистой стали.

Электролиты 1—4 используются для анодного, а 5—6 — для катодного травления стали. В электролитах 1 и 4 травят грубообработанные изделия, имеющие значительную окалину, в электролите 2 — сплавы, содержащие кремний. В растворе 3 травят изделия, имеющие тонкие окисные пленки. Катодами в этих случаях служит сталь или свинец.

В электролите 5 обрабатывают изделия, не испытывающие при эксплуатации знакопеременных или ударных нагрузок. В качестве анодов используется свинец или его сплав с 6—10% сурьмы.

Изделия сложной конфигурации, имеющие толстый слой окалины, с трудом поддающиеся химическому травлению, обрабатывают в электролите 3. В этом же электролите следует обрабатывать детали, для которых не допускается наводораживание. В качестве анодов при электролите применяется чугуны, содержащий 20—24%

Составы электролитов и режимы травления углеродистой стали

Наименование химикатов	Номера электролитов					
	1	2	3	4	5	6
	Содержание химикатов в г/л					
Серная кислота	200—250	—	—	10—20	100—150	50—60
Сернокислое железо закисное	—	—	—	200—300	—	—
Хлористый натрий	—	—	40—50	30—50	—	15—20
Хлористое железо	—	—	140—150	—	—	—
Соляная кислота	—	300—350	8—10	—	—	25—30
Плавиковая кислота	—	0,2—0,3	—	—	—	—
Режим травления						
Плотность тока в а/дм^2	5—10	5—10	5—10	5—10	3—10	8—10
Температура электролита в $^{\circ}\text{C}$	40—50	30—40	20—50	18—25	40—50	60—70
Продолжительность травления в мин.	10—20	1—5	10—20	15—30	10—15	10—15

кремния, или сплав свинца с 10—15% сурьмы. В случае использования чугуна, на анодную штангу одновременно завешивают небольшие полоски свинца (1—2% общей площади анодов). Удаление окалина в электролите 6 сопровождается осаждением свинца на освобожденные от окалина участки металла. После окончания травления пленка свинца удаляется анодной обработкой изделий в течение 5—10 мин. в растворе, содержащем 85 г/л NaOH и 30 г/л Na_3PO_4 . Анодная плотность тока составляет 5—7 а/дм^2 , температура электролита 50—60°.

В табл. 15 приведены составы электролитов и режимы травления легированных сталей.

Для травления в электролите 1 используется переменный ток напряжением 15—20 в. Нержавеющая сталь подвергается травлению в электролите 2 и 5. После травления в электролите 5 изде-

Таблица 15

Составы электролитов и режимы травления легированной стали

Наименование химикатов	Номера электролитов				
	1	2	3	4	5
	Содержание химикатов в г/л				
Серная кислота	35—40	50	80—100	—	—
Соляная кислота	—	—	—	250—300	—
Азотная кислота	25—30	—	—	—	—
Едкий натр	—	—	—	—	500
Режим травления					
Характеристика тока	Переменный ток	Анодное травление	Анодное травление	Катодное травление	Анодное травление
Плотность тока в а/дм ²	5—10	20—30	20—30	5—10	10
Температура электролита в °С	15—20	60—70	40—50	40—50	150
Продолжительность травления в мин.	5—10	10—15	5—10	10—15	10

лия дополнительно обрабатываются в электролите 2. Электролит 4 рекомендуется для травления изделий, покрытых тонким слоем окарины.

При катодном травлении легированной стали аноды изготовляют из свинца. В качестве катодов при анодном травлении используется сталь или свинец.

После катодного травления изделия должны прогреваться в течение 2—3 час. при температуре 180—200° для удаления водорода.

Все изделия перед химическим или электрохимическим травлением должны быть обезжирены. Если травление является заключительной операцией технологического процесса, то необходимо принимать меры для предупреждения дальнейшей коррозии металла.

Для нейтрализации остатков кислоты изделия из черных металлов после травления нейтрализуют, погружая на 0,5—1,0 мин. в горячий 30-процентный раствор кальцинированной соды. Защитная пленка получается также при обработке в течение 1—3 мин. в растворе, содержащем 200 г/л NaNO₂. Пассивирование цветных металлов после травления производится обработкой их в течение 0,5—1 мин. в растворе, содержащем 150—250 г/л CrO₃ и 1,5 г/л H₂SO₄. Хромовый ангидрид может быть заменен хромпиком.

15. ДЕКАПИРОВАНИЕ И ПАССИВИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ПЕРЕД ОСАЖДЕНИЕМ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Заключительной операцией подготовки изделий перед осаждением на них гальванических покрытий обычно является декапирование. Считается, что при декапировании растворяются тонкие окисные пленки на поверхности металла и выявляется его структура, что способствует лучшему сцеплению металла с покрытием. Декапирование производится химической или электрохимической обработкой изделий в разбавленных растворах кислот или щелочей. Сталь декапируют в 5—10-процентном растворе HCl , медь в 5—7-процентном KCN , цинк и алюминий в 3—5-процентном растворе HCl . Обработка изделий производится при комнатной температуре в течение 0,5—1 мин. После декапирования изделия быстро и тщательно промываются в проточной воде и навешиваются в ванну, в которой производится покрытие.

Известно, что гальванические покрытия трудно осадить на стали, содержащие большое количество хрома. В этом случае неплохие результаты дает анодная обработка в 10—15-процентном растворе серной кислоты при плотности тока 10—15 a/dm^2 и продолжительности электролиза 1—2 мин. Но применение разбавленной кислоты увеличивает опасность растравливания поверхности металла. Такая опасность полностью устраняется, если применить катодное декапирование. Для подготовки к гальваническим покрытиям нержавеющей хромоникелевой стали или никелевого сплава их можно обрабатывать в 15—20-процентной соляной кислоте при катодной плотности тока 1—2 a/dm^2 в течение 1—2 мин. При этом происходит восстановление пассивной окисной пленки на стали и достигается очень прочное сцепление покрытия с основным металлом.

Представляет интерес катодное декапирование с одновременным осаждением на катоде покрытия весьма малой толщины. Осаждение будет происходить лишь на участках поверхности катода, свободных от загрязнений. Таким образом, этот процесс контролирует качество выполнения операций обезжиривания и травления изделий. Хорошие результаты были получены при катодном декапировании и никелировании углеродистой стали перед пирофосфатным меднением. Электролит содержал 240 г/л $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и 50—70 г/л H_2SO_4 . Катодная плотность тока составляла 7—10 a/dm^2 , продолжительность обработки — 15—20 сек.

Наряду с декапированием, в последнее время получает большое распространение процесс пассивирования поверхности металла перед осаждением гальванических покрытий. Этот процесс связан не с удалением окисных пленок, а, напротив, с образованием очень тонкого оксидного слоя на металле. Если этот слой имеет значительную толщину, прочность сцепления покрытия с поверхностью изделия будет низкой. Но при малой толщине и определенной структуре слоя достигается хорошее сцепление основного металла с покрытием и уменьшается его пористость. Было

показано [8], что предварительное пассивирование железа заметно уменьшает пористость никелевых, оловянных и медных покрытий.

Стальные детали перед хромированием подвергают анодной обработке в хромовом электролите в течение 0,5—2 мин. при анодной плотности тока 15—20 а/дм^2 и температуре раствора 50—55°. При хромировании чугуна анодная обработка не превышает 25—30 сек. при плотности тока 20—25 а/дм^2 .

Для анодного пассивирования углеродистой стали применяются следующие растворы:

- | | |
|---|-------------|
| 1. Серная кислота уд. веса 1,84 | 700—800 г/л |
| 2. Серная кислота уд. веса 1,84 | 700—800 „ |
| Калий двуххромовокислый | 20—30 „ |

Анодная плотность тока при пассивировании в обоих растворах составляет 10—15 а/дм^2 . В начале электролиза через ванну идет значительный ток, но через несколько секунд он начинает снижаться. Одновременно напряжение на ванне резко увеличивается до 10—12 в. На аноде начинается бурное выделение пузырьков кислорода, что указывает на пассивирование металла. После этого анодную обработку можно считать законченной.

Указанный способ подготовки стальных изделий особенно пригоден для полированных изделий, так как он исключает растравливание металла. При эксплуатации электролита нельзя допускать разбавления его водой и попадания в него ионов хлора, так как это приводит к разрушению пассивной пленки.

Для анодной обработки меди и ее сплавов применяется раствор следующего состава и режим работы:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Калий цианистый | 30—40 г/л |
| Калий углекислый | 20—30 „ |
| Анодная плотность тока | 3—5 а/дм^2 |
| Температура электролита | 12—20° |
| Продолжительность обработки | 0,5—1 мин. |

При химической и электрохимической обработке изделия загружают в ванны на сетках, в перфорированных корзинах или на специальных подвесных приспособлениях. Материалом для их изготовления служат: при травлении в соляной и серной кислотах и при обезжиривании — сталь, при травлении в азотной кислоте — алюминий.

Подробные данные об оборудовании и приспособлениях для химической подготовки металлов перед гальваническими покрытиями приведены в вып. 11 Библиотечки гальванотехника.

16. СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТРАВЛЕНИЯ

В гальванических цехах иногда процесс травления используется для некоторых специальных целей. К ним относятся получение рельефных изображений и так называемое химическое

и электрохимическое фрезерование. Ниже приводятся краткие сведения об этих процессах.

Получение рельефных изображений. Изолируя отдельные участки поверхности металла и подвергая травлению неизолированные, можно получать рельефные изображения шкал, таблиц, фирменных знаков, заменяя гравирование. Предварительно получают изображение на металле с помощью шаблона или фотохимическим путем. Затем химически стойким слоем защищают те участки изображения, которые не должны подвергаться травлению. После того, как травление закончено, удаляют изоляционный слой. Способы нанесения изображений на металл и их фотохимической обработки подробно описаны в специальной полиграфической литературе.

Травление металла для получения рельефных изображений производится химическим или электрохимическим путем. Составы растворов и режимы травления приведены в табл. 16.

Продолжительность травления определяется заданной глубиной контура. В процессе обработки следует перемешивать раствор, так как скопление на металле пузырьков газа может привести к неравномерному травлению.

Химическое и электрохимическое фрезерование. Возможность с помощью травления получать на металле рельефные изображения была использована в последнее время для создания процесса, получившего название химического или, в случае использования тока, электрохимического фрезерования.

Химическая обработка менее трудоемка и может быть более производительна, чем механическое фрезерование. Химическим путем можно обрабатывать тонкостенные изделия, не опасаясь их деформации. Обработанные поверхности не имеют рисок и шероховатостей, неизбежных при пользовании режущим инструментом. Исключается образование на изделии деформированного, наклепанного слоя металла.

Сущность метода заключается в том, что на поверхность изделия наносится химически стойкий материал, оставляя непокрытыми участки поверхности, подлежащие травлению. Иногда защитный слой наносят на всю поверхность, после чего разметочной иглой или другим инструментом снимают его по контуру, который должен обрабатываться. После этого изделие подвергается травлению. В зависимости от режима процесса, могут быть получены углубления или сквозные отверстия в металле. При получении отверстий необходимо, чтобы кромки их были достаточно ровные и чистые. Поэтому при травлении необходимо перемешивать раствор или встряхивать изделия, чтобы избежать скопления пузырьков газа.

Изоляционный слой должен быть устойчивым в травильном растворе, удобен для нанесения на металл и снятия с него. Таким материалом могут быть композиции на основе резины, пластмассы, клей с минеральными наполнителями, лаки. Состав травильного раствора определяется обрабатываемым металлом.

Составы растворов и режимы рельефного травления

Наименование металла, подвергаемого травлению	Состав травильного раствора	Режим травления
Химическое травление		
Сталь	HCl уд. вес 1,19 — 10 мл H ₂ SO ₄ уд. вес 1,84 — 30 мл Вода — 60 мл	Температура раствора 20—40°
Медь	FeCl ₃ — 75 г/л HCl уд. вес 1,19 — 3 г/л	Температура раствора 20—30°
Цинк	HCl — 5 — 10-процентный раствор	Температура раствора 20—30°
Алюминий и дуралюмин	NaOH — 200—400 г/л	Температура раствора 20—40°
Алюминиевый сплав	CuSO ₄ ·5H ₂ O — 150 г/л HCl уд. вес 1,19 — 150 г/л NaCl — 100 г/л	Температура раствора 20—40°
Латунь и бронза	HNO ₃ — 50-процентный раствор	Температура раствора 20—40°
Электрохимическое (анодное) травление		
Сталь	FeCl ₃ — 75 г/л NaCl — 50 г/л	Плотность тока 15—20 а/дм ² Напряжение 4—6 в Температура электролита 15—20°
Медь и латунь	CrO ₃ — 350 г/л (NH ₄) ₂ SO ₄ — 10 г/л	Плотность тока 2—2,5 а/дм ² Напряжение 3—4 в Температура электролита 18—25°
Латунь	NH ₄ Cl — 200 г/л NaCl — 150 г/л	Плотность тока 3 а/дм ² Напряжение 3—4 в Температура электролита 18—25°

Наименование металла, подвергаемого травлению	Состав травильного раствора	Режим травления
Латунь	NaCN — 50 г/л Na ₂ CO ₃ — 30 г/л NaOH — до значения pH = 12,0	Плотность тока 3,5—4 а/дм ² Напряжение 3—4 в Температура электролита 25—40°
Алюминий	HCl уд. вес 1,19 — 180 г/л	Плотность тока 5—10 а/дм ² Напряжение 15—20 в Температура электролита 18—25°
Алюминий	CaCl ₂ — 200 г/л NH ₄ Cl — 200 г/л	Плотность тока 30—40 а/дм ² Напряжение 12—20 в Температура электролита 20—40°

В настоящее время разработана технология получения сквозных отверстий на изделиях из алюминиевого сплава [9].

Состав смесей для изоляции металла:

1. Резиновый клей „88“ 100 г
Каолин зернистостью 200 75 „
в соотно-
Этилацетат и бензин марки „калоша“ шении 2 : 1
2. Резиновый клей „88“ 100 г
Маршаллит зернистостью 200 100 „
в соотно-
Этилацетат и бензин марки „калоша“ шении 2 : 1

Растворитель этилацетат и бензин добавляются до достижения вязкости 15—16 сек. по воронке НИЛК сопло № 4.

Изоляционный слой наносится при погружении изделия в смесь, после чего его сушат при комнатной температуре в течение 8—10 час. или при 40°—3—4 часа.

Состав травильного раствора и режим травления:

- Сода каустическая 650 г/л
Температура раствора 70—80°
Скорость травления 1 мм за 15 мин.

По окончании травления изделия погружают на несколько часов в бензин, после чего изоляционная пленка легко снимается.

ХИМИЧЕСКОЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ

17. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Химическое и электрохимическое полирование являются новыми способами декоративной отделки металлов. Первые работы, посвященные электрохимическому полированию, были проведены в 1910 г. Е. И. Шпитальским, но промышленное применение оно получило лишь в последние годы. Химическое полирование известно сравнительно недавно и пока еще мало используется отечественной промышленностью.

Несмотря на то, что при электрохимическом полировании обработка металла производится с использованием электрического тока, а при химическом полировании — без него, механизм этих процессов имеет много общего. В обоих случаях поверхность металла приобретает блеск. Возникновение блеска связано с образованием на металле тонкой окисной пленки, которая предотвращает или ограничивает травящее действие раствора на металл.

Толщина пленки неодинакова — она меньше на микровыступах и больше на микровпадинах. Поэтому раствор действует прежде всего на микровыступы, и они растворяются быстрее, чем остальные участки металла. Этому способствует также образование вязкого солевого слоя продуктов реакции металла с раствором, который задерживается в микровпадинах поверхности. Результатом этих процессов является сглаживание мельчайших неровностей на поверхности металла.

При электрохимическом полировании обрабатываемое изделие служит анодом. В этом случае достигается большее сглаживание и более интенсивный, почти зеркальный блеск поверхности металла.

Электрохимическое и химическое полирование имеет ряд преимуществ по сравнению с механическим. Оно требует меньшей затраты физических усилий рабочего и снижает трудоемкость отделочных операций. Одновременной обработке может подвергаться большое количество изделий различной формы и габаритов, что неосуществимо при полировании кругами.

Химическое полирование не требует применения электрического тока, что упрощает использование его в производстве. Несмотря на то, что с его помощью не удастся достигнуть интенсивного блеска, представляется целесообразным химическим

путем полировать латунные и алюминиевые изделия сложной формы и небольших размеров, не требующие зеркального вида поверхности.

Значительно большее распространение в промышленности получило электрохимическое полирование.

С его помощью производится декоративная отделка деталей велосипедов, мотоциклов, медицинской аппаратуры, ювелирных изделий, предметов народного потребления. Хорошие результаты были получены при использовании электрохимического полирования в инструментальном производстве и текстильном машиностроении.

Эффективность сглаживания микронеровностей при электрохимическом полировании зависит от режима электролиза и исходной чистоты поверхности металла. Наибольшая скорость сглаживания наблюдается в первые минуты электролиза. Увеличение продолжительности процесса, не давая значительного улучшения чистоты поверхности, приводит к большому съему металла. Электрохимическое полирование углеродистой стали в электролите, содержащем 65 % H_3PO_4 , 15 % H_2SO_4 , 6 % CrO_3 , 14 % H_2O , в течение 10 мин. при анодной плотности 50 a/dm^2 и температуре электролита 70° повышает чистоту поверхности изделий при исходной чистоте их 4—7-го классов — на 1 класс, при исходной чистоте 8—10-го классов — на 2 класса. Поэтому, электрохимическое полирование целесообразно использовать для изделий с чистотой поверхности 8—9-го классов.

Наряду с этим производственная практика выявила недостатки, присущие этому процессу. Декоративный вид электрополированной поверхности зависит от структуры металла и его механической обработки. Зеркального блеска удается достигнуть на сравнительно небольших изделиях, причем плоские поверхности полируются хуже, чем овальные. Это необходимо учитывать при выборе изделий для электрохимического полирования.

В гальванических цехах целесообразно применять электрохимическое полирование в следующих случаях:

- 1) глянец изделий сложной формы;
- 2) глянец изделий, изготовленных из материалов, трудно поддающихся механическому полированию (нержавеющая сталь, алюминий);
- 3) глянец изделий массового производства;
- 4) глянец изделий перед осаждением гальванических покрытий;
- 5) глянец гальванических покрытий.

Использование электрохимического полирования в качестве заключительной операции технологического процесса приводит к повышению стойкости изделий против коррозии. Применение этого процесса в производстве гальванических покрытий уменьшает количество операций и переходов и улучшает качество продукции за счет повышения прочности сцепления покрытия с основным металлом. Наиболее целесообразно электрохимическое поли-

рование драгоценных металлов, так как при этом почти исключаются безвозвратные потери металла.

Ниже приводятся основные сведения о полировании стали, меди, никеля и серебра. Более подробные данные об электрохимическом полировании металлов имеются в специальной литературе [10].

18. ХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ

В иностранной литературе опубликовано большое количество составов растворов для химического полирования различных металлов. Некоторые из них приведены в табл. 17.

При химическом полировании меди и латуни увеличение концентрации HNO_3 приводит к уменьшению блеска поверхности и интенсивному растворению металла. Увеличение концентрации H_3PO_4 ухудшает сглаживание. Большое значение имеет содержание в ванне воды. Превышение оптимальной концентрации ее значительно ухудшает качество полирования.

При полировании быстрее всего расходуется азотная кислота. Уменьшение ее концентрации приводит к появлению матовости, а увеличение концентрации — к выявлению кристаллической структуры металла. По мере накопления в растворе меди качество полирования ухудшается. При содержании в растворе 100 г/л меди он становится непригодным для работы. Некоторое представление о концентрации меди дает окраска раствора. При содержании меди до 50 г/л раствор имеет зеленоватый цвет. С увеличением концентрации меди он приобретает все более интенсивный голубой оттенок. При появлении голубого оттенка рекомендуется добавить в раствор азотную кислоту. Более точное корректирование раствора производится на основании химического анализа.

При полировании алюминия в кислотном растворе происходит бурное выделение газов и паров кислот. Уменьшение выделения NO_2 указывает на снижение концентрации HNO_3 и необходимость добавления азотной кислоты в ванну. Увеличение содержания в ванне воды или понижение температуры раствора приводят к травлению металла и уменьшению его блеска. Добавка мочевины в кислые растворы несколько уменьшает травление металла. По мере накопления в ванне солей алюминия эффективность полирования снижается. Хорошие результаты достигаются при содержании в растворе до 30—40 г/л алюминия. Качество полирования ухудшается также при наличии примесей в металле. Лучше всего полируется чистый металл. Возможно полирование сплавов алюминия с магнием и марганцем. Алюминиевые сплавы, содержащие медь или цинк, полируются значительно хуже, а на сплавах с высоким содержанием кремния не удается достигнуть блеска.

При полировании нужно избегать скопления пузырьков газа на отдельных участках изделий, так как это приводит к неравномерной обработке поверхности. Для удаления пузырьков газа следует

Таблица 17

Составы растворов и режимы химического полирования

Полируемый металл	Состав полировочного раствора		Режим полирования	
	Наименование химикатов	Содержание химикатов	Температура раствора в °С	Продолжительность полирования в мин.
Цинк	Хромовый ангидрид Натрий уксуснокислый Алюминий азотнокислый Азотная кислота (уд. вес 1,38) Серная кислота (уд. вес 1,84)	120 г/л 60 г/л 10 г/л 100 мл 30 мл	40—50	0,1—0,3
Медь, латунь, нейзильбер	Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7) Азотная кислота (уд. вес 1,4) Уксусная кислота (уд. вес 1,05) Соляная кислота (уд. вес 1,19)	40% (по объему) 20% 40% 0,01%	20—60	0,5—1
Оловянистая бронза	Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7) Азотная кислота (уд. вес 1,49) Уксусная кислота (уд. вес 1,05) Хлористый натрий	30% (по объему) 65% 4% 1% (по весу)	20—60	0,2—1
Медь и никель	Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7) Азотная кислота (уд. вес 1,4) Серная кислота (уд. вес 1,84) Вода	45—60% (по объему) 8—15% 15—25% 10—12%	60—90	1—3
Алюминий	Едкий натр Азотнокислый натрий Азотистокислый натрий Тринатрийфосфат Вода	300—600 г 300—500 г 200—300 г 100—300 г 100—300 г	120—140	0,5—2

Полируемый металл	Состав полировочного раствора		Режим полирования	
	Наименование химикатов	Содержание химикатов	Температура раствора в °С	Продолжительность полирования в мин.
Алюминий	Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7)	650 мл	100—110	0,5—2
	Азотная кислота (уд. вес 1,4)	150 мл		
	Серная кислота (уд. вес 1,84)	200 мл		
	Мочевина	10 г		
Алюминий	Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7)	800 мл	100—110	0,2—1
	Уксусная кислота (уд. вес 1,05)	150 мл		
	Азотная кислота (уд. вес 1,4)	50 мл		
Сталь	Щавелевая кислота	25 г/л	18—25	30—60
	Перекись водорода	13 г/л		
	Серная кислота (уд. вес 1,84)	0,1 г/л		
Сталь	Ортофосфорная кислота (уд. вес 1,7)	15—25% (по объему)	70—80	1—10
	Азотная кислота (уд. вес 1,4)	2—4%		
	Соляная кислота (уд. вес 1,19)	2—5%		
	Вода	81—66%		

перемешивать раствор или в процессе полирования перемещать изделия в ванне.

После обработки в полировочных растворах изделия необходимо быстро и очень тщательно промыть в проточной воде. Недостаточно полное и быстрое удаление полировочного раствора с поверхности изделий приводит к растравливанию металла.

19. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ СТАЛИ

Из большого количества электролитов, предложенных для полирования стали, в промышленности получили распространение растворы, содержащие H_3PO_4 , H_2SO_4 , CrO_3 . Они характеризуются высокой рассеивающей способностью и позволяют достигнуть хорошего блеска на сталях различных марок.

Применяются следующие составы электролитов (в весовых процентах):

	Для углеродистых и низколегированных сталей	Для нержавеющей стали
Ортофосфорная кислота	65	40
Серная кислота	15	40
Хромовый ангидрид	6	3
Вода	14	17
Удельный вес готового электролита . .	1,7—1,74	1,65—1,68

Режим полирования: анодная плотность тока 35—50 $\text{a}/\text{дм}^2$, температура раствора 70—80°, продолжительность полирования 5—10 мин. Катоды свинцовые.

Для приготовления электролита растворяют в воде хромовый ангидрид, после чего приливают небольшими порциями ортофосфорную, а затем серную кислоты. Полученный раствор прогревают при температуре 100—110° до получения удельного веса 1,7—1,74. Если ванны оборудованы не электрическим, а паровым нагревателем, раствор не удастся нагреть выше 80—90°. В этом случае, после достижения требуемого удельного веса раствора, его прорабатывают при анодной плотности тока 20—30 $\text{a}/\text{дм}^2$ из расчета 5—6 $\text{a}\cdot\text{час}/\text{л}$.

Подсчет количества химикатов, требующихся для приготовления 1 л электролита, производится по следующим формулам:

$$A = \frac{a_1 d \cdot 1000}{b_1 d_1};$$

$$B = \frac{a_2 d \cdot 1000}{b_2 d_2};$$

$$C = \frac{a_3 d \cdot 1000}{b_3 d_3},$$

где A — количество ортофосфорной кислоты для приготовления электролита в мл ;

a_1 — содержание H_3PO_4 в готовом электролите в весовых процентах;

d — удельный вес готового электролита;

b_1 — содержание H_3PO_4 в торговой ортофосфорной кислоте в весовых процентах;

d_1 — удельный вес ортофосфорной кислоты;

B — количество серной кислоты для приготовления электролита в мл ;

a_2 — содержание H_2SO_4 в готовом электролите в весовых процентах;

b_2 — содержание H_2SO_4 в торговой серной кислоте в весовых процентах;

d_2 — удельный вес серной кислоты;

C — количество хромового ангидрида для приготовления электролита в г;

a_3 — содержание CrO_3 в готовом электролите в весовых процентах.

Значения b_1, b_2, d_1, d_2 находят в справочниках.

В процессе эксплуатации состав электролита изменяется. Контроль его производят ежедневным определением удельного веса и периодическим анализом раствора. Убыль воды в результате испарения восполняется добавлением ее в ванну в конце рабочей смены.

Учитывая постепенное накопление в полировочном электролите железа, добавление воды в трехкомпонентный электролит для полирования углеродистой стали производят с таким расчетом, чтобы удельный вес его до 75 а-час/л составлял 1,74—1,76, свыше 75 а-час/л — 1,76—1,78.

При накоплении в электролите свыше 1,5% Cr_2O_3 производят анодное окисление трехвалентного хрома при анодной плотности тока 4—5 а/дм², напряжении 10—12 в, температуре раствора 20—40°. Материалом анода и катода служит свинец. Прикатодное пространство изолируется пористой керамической диафрагмой. После окисления электролит прогревают в течение часа при 90—110° или выдерживают 8—10 час. при комнатной температуре.

Полировочный электролит может работать до накопления в нем 6—7% Fe_2O_3 , после чего железо должно быть выведено из раствора или электролит заменен вновь приготовленным. Способ выделения железа описан в литературе [13].

Если изделия имеют малый допуск на изменение размеров, полирование ведут 1—3 мин. при плотности тока 50—100 а/дм². При таком режиме уменьшается количество растворяющегося металла.

Перед загрузкой в ванны для гальванических покрытий электрополированные изделия должны подвергнуться декапированию в течение 10—20 сек. в 5-процентном растворе HCl . Такая обработка способствует прочному сцеплению покрытия с основным металлом. Если электрохимическое полирование является заключительной операцией технологического процесса, то изделия после промывки в воде обрабатывают в течение 10—15 мин. при 60—70° 10-процентным раствором NaOH . Такая обработка повышает стойкость изделия против коррозии.

Для электрополирования изделия загружаются в ванну на стальных или освинцованных подвесных приспособлениях. Во избежание растравливания металла при электролизе, подвесные приспособления должны обеспечивать надежный электрический контакт с изделиями и анодной штангой. Нерабочую поверхность их следует изолировать перхлорвиниловым лаком или пластикатной лентой.

В табл. 18 приведен перечень некоторых неполадок, встречающихся при электрохимическом полировании, их причины и способы устранения.

Неполадки при электрохимическом полировании стали и способы их устранения

Признаки неполадок	Причины неполадок	Способы устранения неполадок
В электролите, проработавшем менее 10 а-час/л		
1. Точечное травление поверхности	Присутствие в электролите взвесн мельчайших частиц хромового ангидрида	Прогреть электролит при 90—100°C до полного растворения хромового ангидрида. Если уд. вес электролита выше 1,73, перед прогреванием разбавить электролит водой
2. Матовость с синеватым оттенком; появляется после протирки деталей	а) Электролит после приготовления не прогрет и не проработан б) Низкая температура электролита	а) Прогреть электролит в течение 1 часа при 120°C, или проработать током при анодной плотности тока 40 а/дм ² 5—10 а-час/л б) Нагреть электролит до 70—80°C
3. Коричневая опалесцирующая пленка на деталях	Удельный вес электролита свыше 1,77	Разбавить электролит до уд. веса 1,74 и прогреть при 90—100°C в течение 1 часа
4. Отсутствие блеска, беловатые пятна на желтом фоне	Большое содержание Cr ₂ O ₃ (свыше 1,5%)	Окислить Cr ₂ O ₃
5. Отсутствие блеска, желтые пятна	Низкий удельный вес электролита (ниже 1,70)	Прогреть электролит до достижения уд. веса 1,74
В электролите, проработавшем свыше 10 а-час/л		
6. Белые полосы на деталях	Высокий удельный вес электролита (выше 1,82)	Разбавить электролит водой до достижения уд. веса 1,74 и прогреть при 90—100°C в течение 1 часа
7. Отсутствие блеска, светло-желтые пятна	Низкий удельный вес электролита	Прогреть электролит до достижения уд. веса 1,74
8. Отсутствие блеска, темно-коричневые пятна	а) Большая концентрация Cr ₂ O ₃ (2—3%) б) Высокая температура электролита (выше 70°C) в) Высокая анодная плотность тока (свыше 50 а/дм ²) г) Плохой контакт детали с подвесным приспособлением	а) Окислить Cr ₂ O ₃ б) Понизить температуру электролита до 70°C в) Понизить плотность тока до 25—35 а/дм ² г) Улучшить контакт детали с подвесным приспособлением
9. Вблизи контакта детали с приспособлением отсутствие блеска, коричневые пятна, остальная поверхность блестящая	Плохой контакт детали с приспособлением	Увеличить площадь контакта детали с приспособлением, зачистить приспособление

Признаки неполадок	Причины неполадок	Способы устранения неполадок
10. Серебристо-белые пятна на вогнутых участках детали и вблизи контакта ее с приспособлением	Экранирование вогнутых участков краями детали или приспособления	Изменить положение детали в ванне; сблизить электроды; повысить плотность тока до 50 а/дм^2
11. Волнистость у краев и отверстий детали	а) Высокая температура электролита б) Большое время электрополирования в) Высокая анодная плотность тока	а) Понизить температуру электролита до $60-70^\circ\text{C}$ б) Уменьшить время полирования до 5—8 мин. в) Понизить плотность тока до 25 а/дм^2
12. Коричневые пятна, видимые сразу после извлечения детали из ванны	Малое время электрополирования	Увеличить время электрополирования до 8—10 мин.
13. Синевато-коричневый оттенок поверхности детали, появившийся после обработки ее в растворе щелочи	а) Высокая концентрация едкого натра (выше 10%) б) Длительное пребывание детали в растворе щелочи	а) Уменьшить концентрацию едкого натра до 10% б) Уменьшить время обработки в растворе щелочи до 10 мин.
14. Полосчатость, чередование крупной и мелкозернистой структуры металла	Влияние прокатки и последующего отжига	Уменьшить время электрополирования до 5 мин.

20. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Электрохимическое полирование меди и ее сплавов производят в ортофосфорной кислоте или в ее смеси с хромовым ангидридом. Ортофосфорная кислота применяется удельного веса 1,3—1,55. Чем выше концентрация кислоты, тем меньше может быть рабочая плотность тока. Наиболее пригодным для работы является электролит, содержащий $716 \text{ г/л } \text{H}_3\text{PO}_4$ (удельный вес раствора 1,55).

Полирование меди в ортофосфорной кислоте происходит при таких условиях, когда повышение напряжения, в определенных границах, почти не сопровождается изменением плотности тока. Это означает, что полирование происходит в очень узком диапазоне плотностей тока и довольно широком диапазоне напряжения. Поэтому электрический режим процесса удобнее устанавливать не по плотности тока, а по напряжению. Для этого регулировочный реостат на ванне включают потенциометрически, а не последовательно, как обычно. При помощи реостата поддерживают напряжение на 0,2—0,3 в меньше того, при котором начинается

выделение кислорода. В свежем электролите при комнатной температуре и расстоянии между электродами 100—200 мм оно составляет 1,6—1,8 в, в проработавшем электролите — 1,4—1,6 в. Если напряжение повысить до выделения на аноде кислорода, то качество полирования ухудшается. Поверхность металла получается блестящей, но покрытой мелкими точечными углублениями.

Ход процесса полирования меди в ортофосфорной кислоте можно наблюдать визуально в экспериментальной стеклянной ванне. После включения тока поверхность медного анода темнеет и покрывается коричневатой пленкой. От анода вниз начинает стекать вязкий слой электролита. Затем коричневатая пленка разрывается в отдельных местах и хлопьями оседает на дно ванны. После того как вся поверхность освобождается от этой пленки, процесс полирования можно считать законченным. Продолжительность его составляет 10—20 мин.

Благоприятное влияние на работу ванны оказывает накопление в электролите небольшого количества меди. Поэтому после приготовления электролит прорабатывают с медными анодами 5 а·час/л при плотности тока 1—2 а/дм².

Фосфорнокислый электролит периодически корректируют добавлением кислоты и воды. Объемная плотность тока не должна превышать 0,3—0,5 а/л во избежание перегрева раствора. Катодами при полировании служат медные полосы. Целесообразно помещать их в чехлы из кислотоупорной ткани, чтобы избежать загрязнения электролита медью, которая в виде губки осаждается на катоде. Соотношение поверхностей анода и катода 1 : 3—1 : 5.

Хорошие результаты для полирования меди, медных гальванических покрытий и латуни дает применение электролита следующего состава, (в весовых процентах):

Ортофосфорная кислота	74%
Хромовый ангидрид	6%
Вода	20%
Удельный вес электролита	1,6—1,65

Режим полирования: анодная плотность тока 30—50 а/дм²; температура электролита 20—40°; продолжительность полирования 1—3 мин. Катоды свинцовые. Соотношение поверхностей анода и катода 1 : 2—1 : 3.

Для приготовления электролита хромовый ангидрид растворяют в ортофосфорной кислоте, и полученный раствор прогревают при температуре 100—110° до достижения им удельного веса 1,6—1,65.

Добавление к ортофосфорной кислоте хромового ангидрида приводит к изменению хода процесса полирования. Оно происходит в широком диапазоне плотностей тока от 10 до 70 а/дм² и сопровождается выделением кислорода. Это обстоятельство благоприятно сказывается при полировании изделий большой площади или сложной конфигурации, обработка которых в электролите, не содержащем CrO₃, связана с частыми случаями брака.

Помимо этого, продолжительность полирования уменьшается в 5—7 раз.

В процессе эксплуатации электролита происходит уменьшение содержания воды, кислоты и катодное восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного. Корректирование раствора производится так же, как и электролита для полирования стали. Вода добавляется ежедневно в конце рабочего дня, ортофосфорная кислота — периодически, на основании химического анализа. Трехвалентный хром переводится в шестивалентный анодным окислением. При полировании медных гальванических покрытий в указанном электролите необходимо учитывать, что при анодной плотности тока 40 а/дм^2 и температуре электролита 20° за 1 мин. растворяется слой меди толщиной 0,8—1 мк.

Для повышения стойкости изделий против коррозии рекомендуется после электрохимического полирования и промывки в воде погружать их на 1—2 мин. в подкисленный 10-процентный раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Если на изделия осаждают гальванические покрытия, следует после электрохимического полирования декапировать их в 5-процентном растворе HCl и лишь потом повесить в ванну покрытий.

В табл. 19 указаны некоторые неполадки, встречающиеся при полировании меди и ее сплавов в электролите, содержащем H_3PO_4 и CrO_3 .

Таблица 19

Неполадки при электрохимическом полировании меди
и способы их устранения

Признаки неполадок	Причины неполадок	Способы устранения неполадок
Матовость поверхности детали	Большая концентрация трехвалентного хрома в электролите (свыше 1,5% Cr_2O_3)	Провести анодное окисление трехвалентного хрома
Неравномерный блеск поверхности детали	а) Плохой контакт детали с подвесным приспособлением б) Экранирование одних деталей другими	а) Улучшить контакт детали с подвесным приспособлением б) Изменить положение деталей в ванне
Точечное травление на плоских участках детали при работе электролита до 30 а-час/л	а) Низкая температура электролита б) Низкая анодная плотность тока в) Электролит не проработан	а) Повысить температуру электролита до $35\text{—}40^\circ$ б) Повысить анодную плотность тока до $40\text{—}55 \text{ а/дм}^2$ в) Проработать электролит с медным анодом 5 а-час/л
Точечное травление на различных участках поверхности детали	а) Большое количество воды в электролите (уд. вес меньше 1,6) б) Низкая анодная плотность тока	а) Прогреть электролит до 120° до достижения удельного веса раствора 1,60—1,62 б) Повысить анодную плотность тока до $40\text{—}50 \text{ а/дм}^2$

21. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ НИКЕЛЯ

Электрохимическое полирование никеля и никелевых гальванических покрытий может производиться и в электролите для полирования углеродистой стали. Режим полирования никеля следующий: анодная плотность тока $30\text{--}50\text{ а/дм}^2$, температура раствора $20\text{--}40^\circ$, продолжительность электролиза — $0,5\text{--}2$ мин.

Из специальных электролитов для полирования никеля применяют следующие:

1. Ортофосфорная кислота	750 г/л
Серная кислота	900 „
Лимонная кислота	20 „
Удельный вес электролита	1,65

Режим полирования: анодная плотность тока $30\text{--}40\text{ а/дм}^2$, напряжение на ванне $8\text{--}10\text{ в}$, температура электролита $20\text{--}30^\circ$, продолжительность полирования $1\text{--}2$ мин., катоды никелевые или свинцовые.

Для приготовления электролита смешивают серную и ортофосфорную кислоты и прибавляют к ним водный раствор лимонной кислоты. Полирование начинают после предварительной проработки электролита с никелевыми анодами $8\text{--}10\text{ а-час/л}$. Корректирование электролита производят добавлением в него, на основании данных анализа, ортофосфорной и серной кислот. По прошествии 500 а-час/л добавляют $2\text{--}3\text{ г/л}$ лимонной кислоты.

2. Серная кислота	1750 г
Хромовый ангидрид	30 „
Глицерин реактивный	15 „
Вода	до 1 л
Удельный вес электролита	1,6—1,62

Режим полирования: анодная плотность тока $25\text{--}30\text{ а/дм}^2$, температура электролита $20\text{--}35^\circ$, напряжение на ванне $12\text{--}15\text{ в}$, продолжительность полирования $30\text{--}45$ сек. Катоды свинцовые. Соотношение поверхностей анода и катода $1:3$. Толщина слоя никеля, растворяемого при полировании, $3\text{--}3,5\text{ мк}$.

Для приготовления электролита ванну наполняют на $\frac{1}{3}$ объема серной кислотой и осторожно, при непрерывном перемешивании, вливают концентрированный раствор хромового ангидрида. Затем небольшими порциями добавляют глицерин. При этом происходит реакция восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного, сопровождающаяся разогревом электролита и бурным выделением газов. Каждая новая порция глицерина добавляется после интенсивного перемешивания раствора и прекращения газовыделения. Глицерин добавляют до тех пор, пока весь шестивалентный хром не восстановится до трехвалентного. Окончание реакции

восстановления можно узнать по изумрудно-зеленой окраске раствора и по отсутствию выделения газов при добавлении глицерина. После приготовления электролит прорабатывают с никелевыми анодами до накопления в растворе 5 г/л никеля.

В табл. 20 указаны неполадки, встречающиеся при полировании в электролите, содержащем глицерин и трехвалентный хром.

Таблица 20

Неполадки при электрохимическом полировании никеля и способы их устранения

Признаки неполадок	Причины неполадок	Способ устранения неполадок
Слабый блеск полированной поверхности	а) Низкая плотность тока а) Высокий удельный вес электролита в) Электролит мало проработан	а) Повысить анодную плотность тока до 30 а/дм ² б) Разбавить электролит водой до уд. веса 1,6 в) Проработать электролит с никелевым анодом до накопления 5 г/л никеля
Большой съем никеля при интенсивном блеске поверхности	а) Большая продолжительность полирования б) Высокая температура электролита в) Низкий удельный вес электролита г) Низкая концентрация хрома в электролите	а) Уменьшить продолжительность полирования до 20—30 сек. б) Охладить электролит до 20° в) Прогреть электролит до достижения уд. веса 1,62—1,65 г) Добавить CrO ₃ и восстановить его глицерином
Отсутствие блеска поверхности На поверхности электролита образуется большое количество исчезающей пены	Высокая температура электролита Загрязнение электролита органическими веществами	Охладить электролит до 20° Проработать электролит со свинцовым анодом

22. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ

Для полирования алюминия используются электролиты двух типов: фосфатные щелочные и кислые борфтороводородные. Полирование в этих растворах сопровождается небольшим съемом металла. В них рекомендуется обрабатывать алюминий высокой чистоты. Большой съем металла и большее сглаживание наблюдаются в электролитах, содержащих ортофосфорную, серную и хромовую кислоты. Они применяются для глянцовки изделий из алюминия различных марок и некоторых его деформируемых сплавов. Составы электролитов, применяемые в промышленности, приведены в табл. 21.

Составы электролитов и режимы электрохимического полирования алюминия

Состав электролита в весовых %	Режим полирования			
	Анодная плотность в а/дм^2	Напряжение в в	Температура электролита в °С	Продолжи- тельность полирования в мин.
Фосфорнокислый натрий 5% Сода кальцинированная 15% Вода 80%	3—6	12—15	85—90	5—8
Борфтороводородная кис- лота 1,25% Вода 98,75%	1,5—3	20—30	30—32	10—20
Ортофосфорная кислота 45% Серная кислота 35% Хромовый ангидрид 4% Вода 16%	25—35	12—15	70—80	2—5
Ортофосфорная кислота 43% Серная кислота 43% Хромовый ангидрид 3% Вода 11%	30—50	12—15	70—80	2—5

Для приготовления борфтороводородного электролита борную кислоту добавляют небольшими порциями к плавиковой кислоте. Смешивание кислот производят в освинцованном или покрытом парафином сосуде, непрерывно перемешивая раствор и принимая меры для избежания попадания брызг на кожные покровы рабочего. Полученный концентрированный раствор борфтороводородной кислоты разбавляют водой.

При полировании алюминия в борфтороводородном электролите на поверхности металла образуется тонкая пористая окисная пленка, весьма восприимчивая к влаге и загрязнениям. Ее удаляют обработкой изделий в растворе, содержащем 70 г/л H_3PO_4 и 18 г/л CrO_3 при температуре 75—80° и продолжительности 1—3 мин. После этого для повышения стойкости против коррозии детали подвергают анодному оксидированию.

При полировании алюминия в фосфатном электролите большое значение имеет содержание в нем свободной щелочи. Оптимальная концентрация ее составляет 15—18 г/л. Отклонение от этих значений приводит к получению пониженного коэффициента отражения

электрополированной поверхности. Стойкость против коррозии алюминия, полированного в борфтороводородном электролите, не велика и поэтому его следует оксидировать.

Оксидная пленка снижает коэффициент отражения полированной поверхности. Меньше всего это сказывается при оксидировании в 15—30-процентном растворе бисульфата натрия, несколько больше — в 10—15-процентном растворе серной кислоты. Обработка в бисульфате натрия ведется в течение 10—15 мин. при анодной плотности тока $0,5 \text{ а/дм}^2$, напряжении 8—12 в, температуре раствора 30—40°.

Оксидирование в серной кислоте производится в течение 5—10 мин. при анодной плотности тока $0,8—1 \text{ а/дм}^2$, напряжении 12—15 в, температуре раствора 18—23°. После этого изделия обрабатываются в дистиллированной воде при 90—100° в течение 15—20 мин. В процессе такой обработки происходит уплотнение пор пленки. Оксидные пленки, полученные в серной кислоте, лучше защищают электрополированный металл от коррозии, чем пленки, полученные в растворе бисульфата натрия.

При электрохимическом полировании алюминия в растворах, содержащих H_3PO_4 , H_2SO_4 , CrO_3 , не обязательно применять последующее оксидирование металла, так как стойкость его против коррозии значительно выше, чем алюминия, полированного в фосфатном и борфтороводородном электролитах.

При работе электролита происходит восстановление шестивалентного хрома и накопление в растворе алюминия.

Трехвалентный хром образует химические соединения, значительно повышающие вязкость раствора, что может явиться причиной ухудшения качества полирования. Поэтому периодически производят анодное окисление трехвалентного хрома при тех же условиях, что и в электролите для полирования стали. Ухудшение качества работы ванны наступает также в результате накопления в ней алюминия. Предельно допустимая концентрация алюминия составляет около 40 г/л.

Контроль электролита производится путем ежедневного измерения его удельного веса и периодического химического анализа¹. Полученные данные служат основанием для добавления в электролит воды и кислот. Вода добавляется до получения удельного веса раствора 1,67—1,70.

Повышение температуры раствора увеличивает блеск полируемого металла. В табл. 22 указаны некоторые неполадки, встречающиеся при полировании алюминия в электролите, содержащем H_3PO_4 , H_2SO_4 , CrO_3 , и способы их устранения.

Для повышения стойкости электрохимически полированного алюминия против коррозии следует после полирования и промывки в воде обрабатывать его в течение 10 мин. в 10-процентном растворе $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

¹ Методику анализа см. в вып. 12 Библиотечки гальванотехника.

**Неполадки при электрохимическом полировании алюминия
и способы их устранения**

Признаки неполадок	Причины неполадок	Способы устранения неполадок
Точечное травление поверхности алюминия	а) Наличие в электролите взвеси мельчайших частиц CrO_3 б) Плохой контакт детали с подвесным приспособлением	а) Прогреть электролит до полного растворения CrO_3 б) Улучшить контакт детали с приспособлением
Белые матовые полосы или пятна на металле	а) Высокий удельный вес электролита б) Низкая концентрация H_2SO_4	а) Разбавить электролит до уд. веса 1,65 и прогреть 2—3 часа при температуре 80—90° б) Добавить H_2SO_4 по данным химического анализа
Отсутствие блеска алюминия	Низкий удельный вес электролита	Прогреть электролит при 80—90° до уд. веса 1,65—1,67
Матовость на отдельных участках металла	а) Местный перегрев электролита б) Плохой контакт полируемой детали с подвесным приспособлением в) Высокая плотность тока г) Большая концентрация Cr_2O_3	а) Снизить температуру электролита до 70—80° б) Улучшить контакт детали с подвесным приспособлением в) Понизить плотность тока до 20—30 а/дм^2 г) Окислить трехвалентный хром

23. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ СЕРЕБРА

Электрохимическое полирование серебра может производиться в тех же электролитах, что и катодное осаждение его, но при большем содержании в растворе свободного цианистого калия. Такой электролит, предложенный еще Е. И. Шпитальским, имеет следующий состав:

Серебро цианистое	20 г/л
Калий цианистый (свободный)	30 "

Режим полирования: анодная плотность тока 1—1,2 а/дм^2 , напряжение на ванне 1,2—1,3 в, температура электролита 20—25°, продолжительность полирования 2—3 мин. Катод — серебро.

Осаждение серебряных покрытий в указанном электролите производится при катодной плотности тока 0,1—0,2 а/дм^2 . Для приготовления 1 л электролита растворяют в воде 25 г AgNO_3 и к полученному раствору добавляют 100 мл 10-процентного раствора KCN. Образовавшийся осадок AgCN промывают на фильтре водой до

отрицательной реакции на ион NO_3 . После этого осадок растворяют в 300 мл 10-процентного KCN и добавляют воду до 1 л.

В процессе электрохимического полирования серебра и серебряных гальванических покрытий наблюдается пульсация тока и напряжения, вызванная периодическим пассивированием анода. Растворение пассивной пленки происходит быстрее при перемешивании электролита или прерывистой подаче тока. В последнем случае анодная плотность тока должна быть в 3—5 раз выше обычной. Для полирования с прерывистым током может быть использован электролит следующего состава:

Серебро цианистое	38 г/л
Калий цианистый	20 „

Режим полирования: анодная плотность тока 3—5 а/дм^2 , температура электролита 18—25°, продолжительность периода пребывания изделий под током и без тока — по 1 сек., продолжительность полирования 2—4 мин. При электролизе растворяется слой серебра толщиной 2—3 мк.

Происходящее при полировании изменение состава электролита приводит к смещению рабочего диапазона плотностей тока и ухудшает качество отделки поверхности металла. Корректирование электролита производят периодическим добавлением в него KCN. Концентрация серебра в растворе может увеличиваться, так как анодный выход по току при полировании выше катодного. Поэтому для поддержания нужной концентрации серебра электролит иногда приходится разбавлять водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинберг А. М., Гальванотехника, Судпромгиз, 1956.
 2. Маталин А. А. и Рысцова В. С., Чистота поверхности деталей, подвергаемых покрытиям, Лениздат, 1952.
 3. Плетнев И. А., Зарубин В. Ф., Пескоструйная очистка деталей влажным песком, Листок новатора № 33, ЛДНТП, 1956.
 4. Гуревич И. М., Гидропескоструйный способ очистки металлических поверхностей, Информационно-технический листок № 88, ЛДНТП, 1956.
 5. Кабанов Б. Н., Журнал физической химии, т. 4, вып. 5, 1933.
 6. Беляев П. П., Электролитическая обработка металлов, Металлические покрытия в химическом машиностроении, НИИХИММАШ, Сборник статей 15, 1954.
 7. Очистка деталей ультразвуком (Всесоюзная конференция по использованию ультразвуковой техники в промышленности), МДНТП, 1957.
 8. Каданер Л. И., Защитные пленки на металлах, Издательство Харьковского университета, 1956.
 9. Васин А. В., Крылов Ю. И., Получение сквозных отверстий на деталях из алюминия и его сплавов методом контурного травления, Листок новатора № 20, ЛДНТП, 1956.
 10. Федотьев Н. П., Грилихес С. Я., Электрохимическое травление, полирование и оксидирование металлов, Машгиз, 1957.
 11. Лайнер В. И. и Кудрявцев Н. Т., Основы гальваностегии, Металлургиздат, 1953.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Механическая подготовка изделий перед покрытиями и отделка покрытий	5
1. Назначение и способы механической подготовки	—
2. Шлифование кругами	6
3. Полирование кругами	11
4. Обработка в барабанах	16
5. Крацовка	18
6. Пескоструйная и гидроабразивная обработка	19
Глава II. Обезжиривание	21
7. Основные сведения	—
8. Обезжиривание органическими растворителями	23
9. Химическое обезжиривание в щелочных растворах	—
10. Электрохимическое обезжиривание	25
11. Очистка с применением ультразвука	27
Глава III. Травление	29
12. Общие сведения	—
13. Химическое травление	31
14. Электрохимическое травление	37
15. Декапирование и пассивирование изделий перед осаждением гальванических покрытий	40
16. Специальное применение травления	41
Глава IV. Химическое и электрохимическое полирование	45
17. Общие сведения	—
18. Химическое полирование	47
19. Электрохимическое полирование стали	49
20. Электрохимическое полирование меди и ее сплавов	53
21. Электрохимическое полирование никеля	56
22. Электрохимическое полирование алюминия	57
23. Электрохимическое полирование серебра	60
Литература	62

Семен Яковлевич ГРИЛИХЕС
ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ ПЕРЕД ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ
И ОТДЕЛКА ПОКРЫТИЙ

Редактор издательства *В. П. Васильева*

Технический редактор *Л. В. Соколова*

Корректор *Л. Р. Кухтевич*

Подписано к печати 15/IV 1958 г.

М-02848.

Формат бумаги 60×92¹/₁₆

Печ. листов 4,0.

Уч.-изд. листов 4,0

Тираж 8000 экз.

Заказ 48

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.