

# **Самостоятельное хромирование**

2012 г.

# О хромировании

Электролитическое хромирование является эффективным способом увеличения износостойкости трущихся деталей, защиты их от коррозии, а также способом защитно-декоративной отделки. Значительную экономию дает хромирование при восстановлении изношенных деталей.

Новым методом в совершенствовании электролитов является введение в электролит твердых неорганических частиц, которые, включаясь в покрытие, позволяют изменять его свойства, твердость, жаро- и износостойкость. В качестве добавки используют карбиды, бориды, нитриды, окислы, сульфиды и другие соединения. Этот метод используют и при покрытии никелем, медью, железом.

Обычно различают два основных вида электролитического хромирования:

## **1) Декоративное хромирование**

## **2) Твердое хромирование**

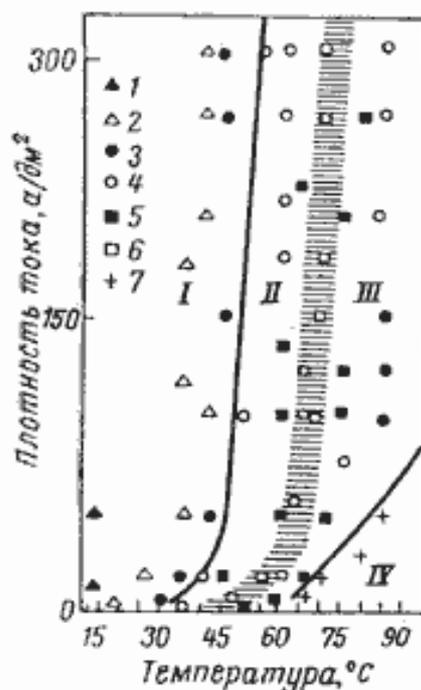
При декоративном хромировании слой хрома наносят на подслои другого металла, чаще всего никеля. При правильном ведении процесса электролитического осаждения никелевый подслои весьма надежно оберегает сталь от атмосферной коррозии, тогда как без него хромовое покрытие постепенно тускнеет. Поэтому обычно для получения декоративного нетускнеющего покрытия красивого оттенка очень тонкий слой хрома осаждают электролитически поверх никеля. Подобное тонкое хромированное покрытие обычно бывает пористым, что, однако, никакого вреда не приносит, так как защита обеспечивается лежащим под ним слоем никеля. Иногда вместо никеля осаждают медь как более дешевый коррозионноустойчивый подслои. Практикуют также нанесение двойного слоя: сначала никеля, а затем меди.

При твердом хромировании наносят сравнительно толстый слой хрома для того, чтобы использовать высокую твердость, износостойкость и малый коэффициент трения хромированного покрытия. В подобных случаях хром обычно осаждают прямо на основной металл без какого-либо промежуточного подслоя.

## Факторы влияющие на внешний вид хромированного покрытия

Из раствора, содержащего лишь чистую окись хрома и воду, нельзя успешно осаждать хром. Качественный осадок получается только тогда, когда в ванне содержатся еще и свободные кислотные радикалы, которые, действуя как не расходуемые катализаторы, способствуя осаждению хрома на катоде.

Ученые всесторонне изучили вопрос изменения внешнего вида хромовых осадков, образующихся в стандартной ванне (250 г/л  $\text{CrO}_3$  и 2,5 г/л  $\text{SO}_4$ ), в зависимости от плотности тока и температуры ванны. Их результаты обобщены на рисунке.



Всю диаграмму можно поделить на четыре области. Область I охватывает низкие температуры и любую плотность тока. В этом случае осадки получались темноватыми и тусклыми, при более низких температурах они имели темно-коричневый или шоколадный оттенок. При высоких плотностях тока покрытия становились чешуйчатыми.

С точки зрения получения блестящих покрытий наибольший интерес представляет область II. При перемещении слева направо, т.е. с повышением температуры, осадки становились более блестящими. Максимальный блеск достигался на границе между областями II и III.

В области III, т.е. при температурах выше  $60^\circ\text{C}$  и плотностях тока больше  $45\text{--}55\text{ A/дм}^2$ , осадки тускнели и постепенно делались матовыми. В области IV хром совершенно не осаждался.

**Процесс хромирования сопровождается интенсивным выделением кислорода и водорода. Над зеркалом ванны для хромирования всегда стоит туман из капелек электролита, который раздражает слизистые оболочки. Поэтому необходимо предусматривать меры для предотвращения загрязнения воздуха брызгами электролита в помещении в котором производится хромирование.**

## Режим хромирования

Во всех технических электролитах, содержащих хромовую кислоту, важно поддерживать правильное соотношение между концентрациями хромовой кислоты и каталитической добавкой, чтобы обеспечить стабильность условий процесса хромирования. Величину отношения концентрации хромовой кислоты к полной концентрации каталитических кислотных радикалов необходимо поддерживать в пределах от 50:1 до 250:1, лучше всего около 100:1 (концентрации здесь выражены в граммах  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ).

## Ванны для хромирования

Номер ванны	$\text{CrO}_3$ , г/л	Катализатор или добавка, г/л	Температура, °С	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Выход по току, %
1	250	2,5 $\text{H}_2\text{SO}_4$	30-70	15-105	12-20
2	250	50 $\text{CaCO}_3$ 2 сахар 5 $\text{CaSO}_4$	10-45	15-75	14-34

Примечание. Ванна №1 обычная, а № 2 саморегулирующаяся.

Усовершенствованием в технологии хромирования является внедрение саморегулирующейся (самокорректирующейся) скоростной ванны для хромирования, относящейся к категории стандартных электролитов с концентрацией  $\text{CrO}_3$  в пределах 200-300 г/л, но с катализатором в виде кремнефтористых соединений, которые имеют ограниченную растворимость в электролите и вводятся в избыточной концентрации, чем достигается автоматическое регулирование состава ванны. Ванна подобная этой показана в таблице.

В ваннах для хромирования с хромовой кислотой почти всегда применяют нерастворимые свинцовые аноды. Возникающая на них пленка перекиси свинца выполняет полезную функцию по окислению непрерывно образующегося в ванне трехвалентного хрома до хромовой кислоты, благодаря чему обеспечивается необходимое понижение концентрации трехвалентного хрома в электролите. Изготавливать аноды из чистого свинца не рекомендуется, так как электролит разъедает чистый свинец с образованием хромата свинца в виде шлама. Для производства анодов лучше применять сплав свинца с сурьмой, обладающий и большей прочностью, и повышенным сопротивлением коррозии. Из существующих материалов наиболее пригодными для анодов считают сплав свинца с 7% Sn. В отдельных случаях, когда требуется прочная и жесткая конструкция анодов, их делают из железа, но их длительное употребление приводит к накоплению железа в ванне. Чистое железо противостоит коррозии гораздо лучше мягкой стали, однако железные аноды рекомендуется освинцовывать.

В процессе хромирования электролит загрязняется примесями железа, меди, цинка, натрия и образующихся трехвалентных ионов хрома. Образованию трехвалентных ионов хрома способствует большая величина отношения площади катода к площади анода. Поэтому концентрацию таких ионов можно снизить установкой больших анодов или периодической работой ванны с небольшой катодной площадью. Загрязнение другими металлическими катионами вредно повышает электрическое сопротивление ванны, но незначительные их примеси допустимы.

Недостаток ванн для хромирования состоит в том, что они обладают слабой рассеивающей способностью, вследствие чего для нанесения покрытий необходимо использовать специальные приемы позволяющие хромировать детали равномерно по всей поверхности. Подробности здесь.

### **Толщина блестящих хромированных покрытий**

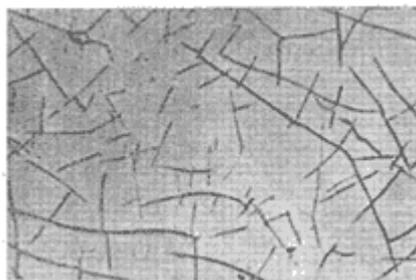
При декоративном хромировании толщина покрытия, как правило, не должна превышать 0,0003-0,0005 мм, для осаждения которого при нормальных условиях требуется около 2-4 мин. По утверждению ученых, подобные тонкие покрытия, несмотря на свою пористость, выгоднее толстых осадков, так как с утолщением слоя хрома в покрытиях начинают образовываться внутренние напряжения. Когда толщина покрытия превысит 0,0005 мм, в нем могут возникнуть волосные трещины, проникающие до основного металла. В подобных случаях толстое покрытие по своему сопротивлению коррозии уступает тонкому покрытию.

Пористость хромированного покрытия можно обнаружить погружением образца на 2 мин в качестве катода в кислую ванну для меднения под напряжением 2В. В подобных условиях медь осаждается на всех обнаженных участках основного металла.

Толщину хромированного покрытия определяют, замеряя время, необходимое для растворения покрытия в подходящем реактиве, который можно приготовить растворением, например, 20 г окиси сурьмы в 1 л соляной кислоты плотностью 1,16. Окись сурьмы предотвращает разъедание никелевого подслоя и ускоряет растворение хрома. Перед погружением в реактив образец необходимо обезжирить. Через несколько секунд поверхность образца начинает покрываться темной пленкой с образованием газа. Измерив длительность выделения газа, можно определить толщину покрытия, если предварительно провести тарировочные испытания для покрытий известной толщины при разных температурах испытания. Следующий способ можно приспособить для определения толщины покрытия на маленьком участке хромированной детали, для чего струю реактива направляют с определенной высоты на испытуемый участок хромированной детали. Отметив момент обнажения подслоя, можно определить толщину покрытия. Такой прибор тарируют на стандартную мощность струи с учетом температуры раствора и образца.

### **Пористое хромированное покрытие**

Если не создавать особых условий в ванне, то блестящие хромовые покрытия подвержены сильному растрескиванию с образованием тонкой сетки трещин, легко обнаруживаемой даже при небольшом увеличении. Связывают образование трещин с возникновением напряжений при гальваническом осаждении металла. Растрескивание начинается тогда, когда толщина покрытия достигает приблизительно 0,00025-0,0005 мм. По мере наращивания покрытия первичные трещины прикрываются новым металлом, так что процесс растрескивания распространяется на всю толщину осадка.



На рисунке показан типичный внешний вид хромированных покрытий. Утверждают, что растрескивание покрытия зависит в значительной степени от температуры, при которой происходит осаждение хрома. Как только электролит нагреется до температуры выше  $55^{\circ}\text{C}$ , количество трещин в осадке уменьшится, а в матовых покрытиях, осаждаемых при сильном подогреве электролита, трещин вообще может и не быть.

Исследователи обнаружили, что осадки, образующиеся при сравнительно высоких температурах, характеризуются хаотической ориентацией кристаллитов и свободной от внутренних напряжений структурой. И по наблюдениям, при понижении температуры ванны и повышении плотности тока число отдельных трещин быстро увеличивается, а сами трещины становятся все более тонкими.

Обычно пористость хромированных покрытий считают недостатком, поскольку она способствует проникновению коррозионно-активных веществ. Однако пористость может быть полезна в подшипниковых материалах, где она способствует удержанию в порах смазки. В них образуется как бы запас на случай, когда выходит из строя система подачи смазочных веществ. Пористое хромирование применяют при хромировании поршневых колец и стаканов цилиндров двигателей внутреннего сгорания. В таких случаях способность хромированного слоя удерживать смазку играет существенную роль.

Для формирования точечной (питтинговой) пористости рекомендуется следующий режим: плотность тока  $0,35-0,40 \text{ A/дм}^2$ , температура электролита около  $50^{\circ}\text{C}$ , величина отношения  $\text{CrO}_3:\text{SO}_4$  от  $100:1$  до  $125:1$ .

Образованию сетчатой или каналовой пористости благоприятствуют такие условия: температура  $\sim 60^{\circ}\text{C}$  и отношение  $\text{CrO}_3:\text{SO}_4$  в пределах от  $115:1$  до  $125:1$ . Впоследствии поры открывают путем специальной механической или химической обработки хромированной поверхности. Химическая обработка охватывает анодное травление в хромокислой ванне и катодное травление в соляной, сернохлорной, фосфорнокислой или щавелевокислой ваннах. Наконец, поверхность подвергают заключительной обработке хонингованием, полированием или лапингованием. Все эти операции нужно выполнять с таким расчетом, чтобы при снятии поверхностного слоя поры и трещины не затирались. Кроме того, толщина удаляемого слоя металла не должна превышать глубины пор, образовавшихся при травлении.

### **Многослойное хромирование**

Установлено, что сцепление "твердого" хромового покрытия с основным металлом, обычно со сталью, можно значительно усилить, если твердое покрытие наносить не прямо на такой металл, а на подслоу сравнительно мягкого хрома. Для этого в электролите, содержащем какой-нибудь элемент, который стоит в электрохимическом ряду напряжений ниже хрома, осаждают мягкий подслоу хрома. Подходящей добавкой служит железо, вводимое в концентрации  $20-30 \text{ г/л}$  в обычный хромовый электролит, который содержит  $250-350 \text{ г/л}$   $\text{CrO}_3$  с отношением  $\text{CrO}_3:\text{SO}_4$   $100:1$ . В такой ванне при  $40^{\circ}\text{C}$  осаждается гораздо более мягкий подслоу, чем в стандартном электролите при одинаковых условиях. Такой подслоу, характеризующийся превосходным сцеплением с подложкой, образует хорошую основу, на которую впоследствии осаждают слой твердого хрома. Таким способом можно добиться хорошего сцепления хромового покрытия даже с азотирующей сталью, считающейся непригодной для хромирования.

## Бестрещинное хромирование

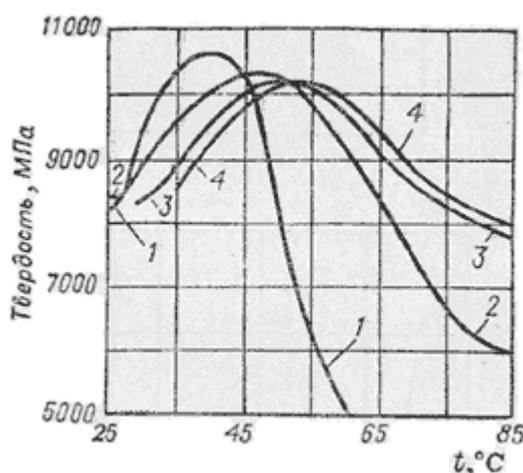
Путем регулирования температуры, концентрации и отношения катализатор/хромовая кислота из электролита можно осаждать тонкие слои хрома, почти не имеющие трещин. Это можно сделать осаждением и из обычной ванны ( $\text{CrO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), и из смешанной саморегулирующейся ванны с катализатором.

Такие хромовые покрытия обладают повышенным сопротивлением механическому удару и применяются в случаях, где требуется сочетание сопротивления коррозии с износостойкостью. Указывают на взаимосвязь между температурой ванны и концентрацией при осаждении бестрещинных хромированных покрытий. При концентрации  $250\text{ г/л CrO}_3$  температура ванны должна составлять  $55\text{--}60^\circ\text{C}$ , а при концентрации  $400\text{ г/л}$  ванну необходимо поддерживать уже при температуре  $45^\circ\text{C}$ .

### Твердость хромированной поверхности

Для всех плотностей тока наибольшая твердость оказывалась на границе между областями II и III, т.е. там, где осаждаются покрытия с максимальным блеском и самым упорядоченным расположением зерен.

По другим источникам твердость хрома зависит от температуры электролита и плотности тока немного в другом диапазоне. Характер этой зависимости приведен на рисунке.



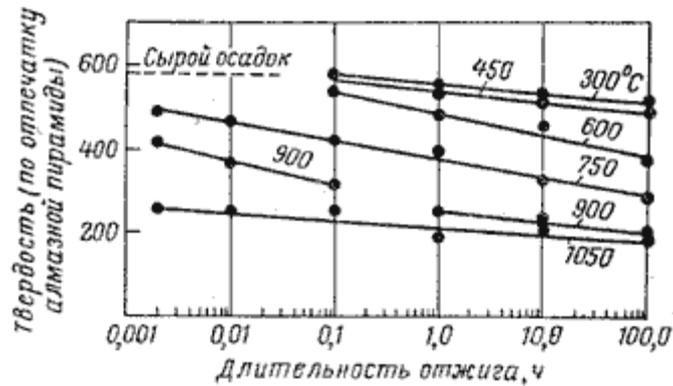
Вопрос о влиянии состава ванны на твердость хромовых покрытий был исследован учеными, установившими, что мягкие и поддающиеся обработке резанием хромовые осадки, могут осаждаться в стандартной ванне для хромирования ( $\text{CrO}_3$ :  $\text{SO}_4$ ) с добавками  $\text{Fe}^{3+}$  или  $\text{Al}^{3+}$ . Одновременного осаждения железа и алюминия с хромом не прослеживается. Установлено, что покрытие такой же твердости можно осадить из более простого разбавленного электролита с составом:  $50\text{ г/л CrO}_3$  и  $0,5\text{ г/л SO}_4$ .

Вероятно, что большая твердость электролитического хрома объясняется как измельчением кристаллитов, так и деспергированием гидратированной окиси, а уменьшение твердости при сильном отжиге порождается совокупным действием рекристаллизации, роста зерен и сопутствующим укрупнением частиц окиси.

Различные виды хромированных покрытий имеют следующие значения твердости: блестящее и серебристо-матовое -  $7500\text{--}11000\text{ МПа}$ ; молочное -  $5400\text{--}6000\text{ МПа}$ ; серое -  $3500\text{--}4000\text{ МПа}$ ; отожженный хром -  $3500\text{--}4000\text{ МПа}$ . Наиболее твердые хромовые покрытия значительно превышают по твердости закаленные ( $5000\text{ МПа}$ ) и азотированные ( $7500\text{ МПа}$ ) стали.

## Влияние термической обработки

На рисунке приведены зависимости изменения твердости от длительности отжига при различных температурах.



Этот вопрос имеет важное значение, поскольку он определяет пригодность хромированных металлов нести службу при высоких температурах. Поскольку покрытие наносится при относительно низкой температуре, взаимной диффузии хрома в основной металл и этого металла в хром не происходит, так что раздел между ними резко разграничен. Различное расширение покрытия и основного металла при нагревании и остывании локализуется сильнее и поэтому представляет большую опасность для такого покрытия, чем тогда, когда основной металл отделен от покрытия с постепенно изменяющимся составом.

## Пластичность хромированного покрытия

Пластичность электролитического хрома существенно зависит от режима хромирования. Хрупкие осадки хрома (блестящие и матовые) характерны для низких температур электролита и высоких плотностей тока. Более пластичные покрытия получают при высоких температурах и низких плотностях тока (молочные осадки). Блестящие, матовые и молочные осадки хрома переносят без разрушения упругие деформации основного металла, стали. Но уже при незначительной пластической деформации блестящие и матовые осадки растрескиваются, в то время когда молочные осадки в этих условиях не разрушаются.

# Доступно о гальванике

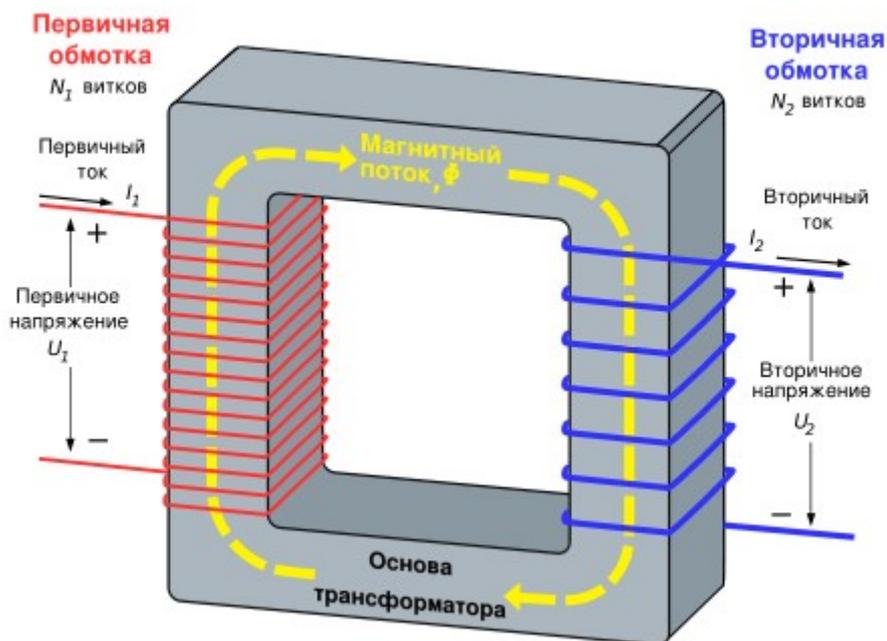
Данный раздел предназначен для всех, кто интересуется практической гальваникой. В статьях, представленных ниже, мы постараемся простым языком изложить способы и приемы нанесения гальванических покрытий. Опишем как можно самостоятельно изготовить оборудование для гальваники в домашних условиях. Так же с удовольствием выслушаем мнение экспертов и напечатаем их материалы

## **Выпрямитель для гальваники из сварочного аппарата.**

Многие желающие сделать гальванику в гараже задаются вопросом, как самостоятельно сделать выпрямитель для гальваники? Купить промышленный выпрямитель за частую не представляется возможным. Его цена будет чуть чуть меньше стоимости гаража. Да и не зачем, промышленный выпрямитель займет как раз половину площади в гараже. И не в каждом гараже есть 3х фазная сеть.

И так. **Выпрямитель для Гальваники из сварочного аппарата.**

Для начала находим любой сварочный аппарат который может подключаться в сеть 220 вольт. Я нашел такой на местном рынке, бомжи торгующие всяким старьем с радостью уступили мне его за 2000 рублей. Сварочный аппарат представлял из себя однофазный трансформатор в железной коробке с выведенными клеммами. Обмотки и железо схематически выглядели вот так..



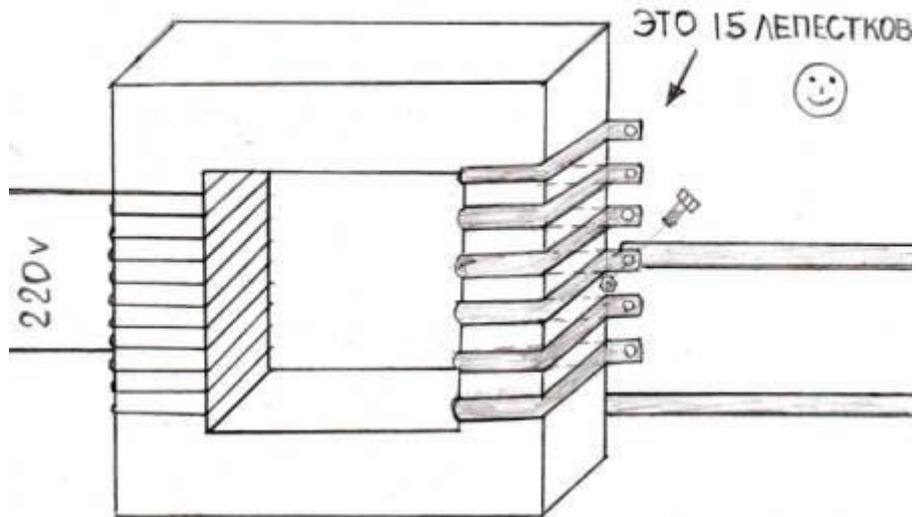
К стати я думаю это самая удобная конструкция для переделки, когда первичная и вторичная обмотки находятся в разных частях трансформатора. Конечно чаще встречается конструкция когда вторичную обмотку мотают по верх первичной, это уменьшает габариты трансформатора.

Следующим шагом будет покупка диодов, вольтметра и амперметра. Амперметр берем на 100 ампер, в месте с амперметром идет шунт. Вольтметр на 20 вольт. Конечно такой найти будет трудно, как правило они идут на 10, 50, 100 вольт. Во всяком случае на рынке я нашел только такие. Диоды должны быть очень мощными, вкрученными в алюминиевые радиаторы. Вот такие вот...

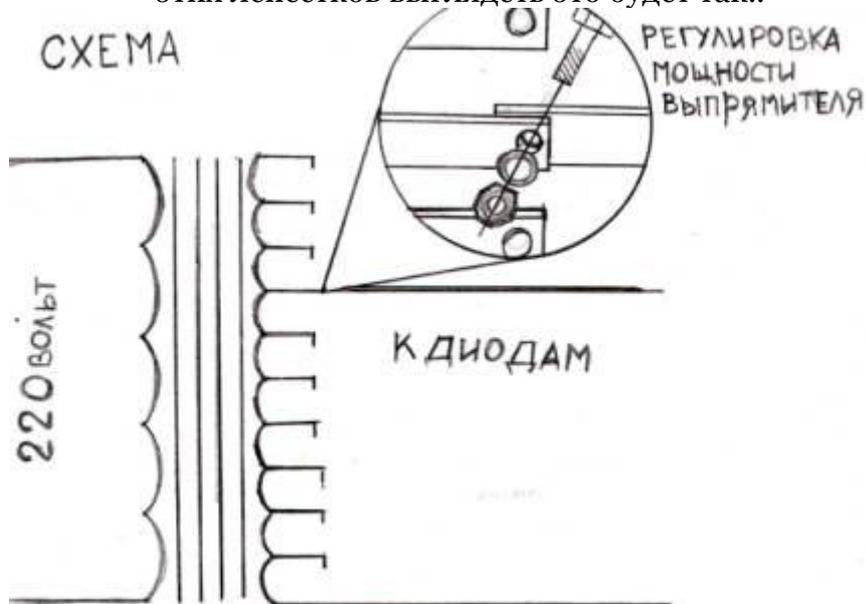


Вообще все что касается электричества в гальванике имеет очень большое сечение, так как при маленьком напряжении должно пропускать через себя большие токи. Подключаем трансформатор к сети и меряем напряжение на вторичной обмотке (первичная обмотка подключается в сеть 220, вторичная идет к сварочному электроду и массе и вторичная обмотка гораздо толще первичной). Напряжение может составлять от 60 до 100 вольт (зависит от гаража в котором его мотали), в моем случае оно составляло 80 вольт. Для большинства гальванических процессов достаточно будет до 15 вольт (главное ток!). Следующим шагом будет подсчет количества витков во вторичной обмотке нашего будущего выпрямителя для гальваники. Разматываем вторичную обмотку, у меня получилось 80 витков. У вас может быть другое количество. При сматывании вторичной обмотки трансформаторное железо мне разбирать не пришлось (позволила простая конструкция трансформатора), возможно вам придется но в этом нет ни чего сложного. Теперь нам нужно подсчитать какое количество витков нам необходимо, что бы получилось 15 вольт. У меня получился один виток на вольт 80 витков 80 вольт, следовательно на 15 вольт нам нужно будет 15 витков. Но мы не будем наматывать его тем же проводом который смотали, а пойдем еще раз на рынок и найдем провод в 4-5 раз толще, провод лучше брать плоский и широкий. Перемоткой нашего трансформатора мы не только обеспечим наш выпрямитель для гальваники нужным напряжением, но еще большим запасом по мощности, и сделаем мощность регулируемой. Промышленные выпрямители для гальваники делаются с сложной электронной схемой регулирования мощности на тиристорах, нам это дорого да и не нужно. Регулировку мы сделаем механической.

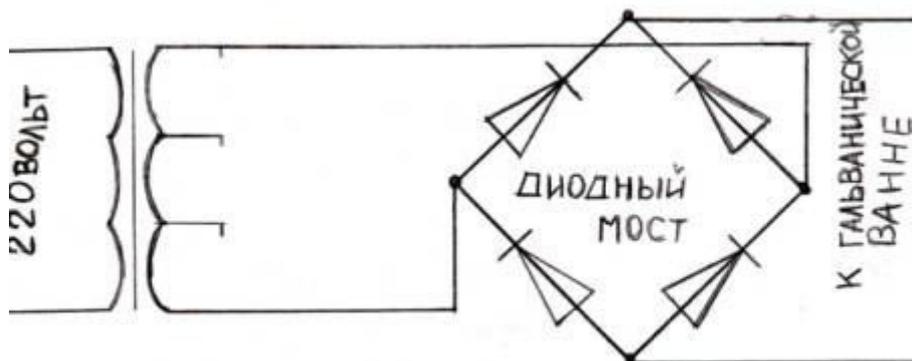
## РИСУНОК



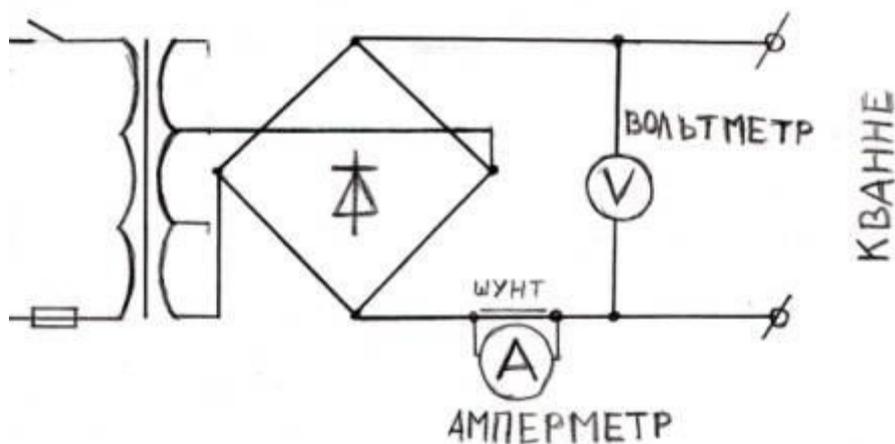
При намотке нашего провода мы на каждом намотанном витке сделаем лепесток с отверстием. У нас получится 15 лепестков. Тем самым мы сможем подключаться к любому из этих лепестков выглядеть это будет так..



Перекручивая провод от клеммы в верх и вниз мы обеспечим регулировку мощности нашего выпрямителя для гальваники. Далее мы должны собрать диодный мост, и подключить его к выпрямителю, схематически это выглядит так....



Следующим шагом идет подключение амперметра и вольтметра, выглядит это так....



После того как вся схема собрана, вы должны еще раз убедиться что все соединения(клеймы) надежно затянуты, так как плохое соединение вызовет нагрев, и отжиг вашего провода или лепестка .

Собранный нами выпрямитель подойдет для таких гальванических процессов как: омеднение , оцинкование , никелирование, анодирование и других. Нашу конструкцию мы разместим в металлическом ящике и обязательно заземлим. Вот такой получился у меня вариант выпрямителя, конечно же многие моменты Вы можете изменить, но думаю суть воплощенной мной идеи Вам ясна. В заключении хочу сказать можете не пытаться применит регулируемые сварочные трансформаторы. Казалось бы что еще надо, регулируются и все.Нет в этих трансформаторах высокое напряжение.Покрyтия которые получаютcя при использовании высокого напряжения очень не качественные.На этих покрyтиях отчетливо видно шороховатость(питинг) и им свойственно шелушение. Проверено на собственном опыте.

## Гальваническая ванна своими руками

Сегодня мы сделаем гальваническую ванну для хромирования, цинкования,меднения,никелирования. Каждый кто решил сделать гальванику в гараже сталкивается с проблемой как самому сделать гальваническую ванну или как приспособить под нее какую нибудь посудину, что бы в ней можно было цинковать (никелировать ,хромировать, меднить и т.д.). Гальваническая ванна должна соответствовать следующим требованиям: быть стойкой к кислотам щелочам , быть прочной(не лопаться при ударах),и выдерживать температуру хотя бы до 80 градусов.

Мною еще в начале занятий гальваникой был найдено очень не дорогое решение. В любой фирме торгующей химикатами есть полиэтиленовые емкости .Емкости обрешечены и укреплены на поддонах. Емкости бывают на 1000 или 600 литров. При покупке обратите внимание на целостность нижнего сливного крана(он шаровый пластиковый),и на наличие верхней крышки. Можно уложится в 2000-3000 рублей. рис



Аккуратно срезаем верх обрешетки и верх нашей будущей гальванической ванны. Срезанный верх не выкидываем, он нам еще пригодится. В обоих торцах ванны делаем 3 отверстия, отверстия под анодные штанги. Отверстия должны быть на одном уровне. рис

Наша ванна обязательно должна быть с крышкой. Мы позже прикрутим ее к ванне при помощи рояльной петли. В магазине автозапчастей покупаем резиновые уплотнители для дверей автомобиля жигули, и насаживаем их на бортик крышки и ванны. Резина необходима нам для уплотнения соединения между ванной и крышкой. Ванна полиэтиленовая по этому краю можно усилить, прикрутив стальные уголки или полосу. Только после того как уплотнители установлены на гальваническую ванну прикручиваем крышку к ванне при помощи рояльной петли, так чтобы крышка прилегала наиболее плотно к ванне .рис

Получилась ванна с открывающейся крышкой. В крышке есть заливное отверстие, его мы используем для подключения вентиляционного рукава. Рис

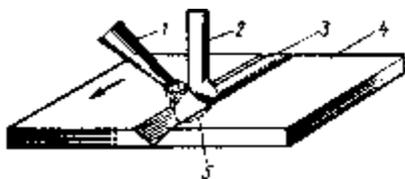
В отверстия вставляем медные штанги. В качестве штанг я использовал медные трубки диаметром 20мм. Если трубка попадет мягкая то внутрь вставьте стальной пруток. Концы трубок сплющите и просверлите отверстия для подключения выпрямителя.

Конечно же, это ванны большого объема и в гараже их использовать как то не очень. Можно ванну нужного нам объема и формы спаять из винипласта. На самом деле это проще чем кажется. Покупаем листы винипласта .Те кто продают винипласт продают и прутки для сварки. Пруток это тот же винипласт только в виде проволоки. Так же потребуется промышленный фен с сужающей воздушный поток насадкой и электролобзик.

### **Способ сварки гальванической ванны**

Сварка винипласта заключается в нагреве свариваемых кромок до пластического вязкотекуче-го состояния и соединения их под некоторым давлением. Применяется следующий способ сварки:

Сварка нагретым воздухом Свариваемые кромки детали 4 и присадочный материал (пруток для сварки) нагревают до температуры сварки струей горячего воздуха из промышленного фена. Присадочный пруток 2 вдавливают в разделку шва 5; нагретые слои материала слипаются и присадочный пруток образует сварной шов 3. При сварке толстого материала в разделку шва последовательно укладывают несколько нагретых присадочных прутков, как показано на рис.



Сварку без скоса кромок применяют для соединения листов толщиной менее 4 мм. При большей толщине применяют V- и X-образные разделки шва под углом 60°. При этом X-образные швы более прочны. В процессе сварки по мере размягчения поверхностей свариваемых кромок и присадочного прутка необходимо непрерывно вжимать пруток в основание разделки под небольшим, но постоянным давлением. Для получения полного провара необходимо у корня шва оставить зазор 0,4...0,5 мм. При сварке мягких термопластов (полиэтилен и др.) присадочный пруток вводят под тупым углом, чтобы обеспечить достаточное давление на свариваемые кромки. При сварке жестких термопластов (винипласт, органическое стекло и др.) пруток вводят в разделку шва почти под углом 90° к шву.

Присадочным материалом служат прутки сечением 1... 12 мм<sup>2</sup>. Допускается использование сварочных прутков из винипласта диаметром 3,0...5,0 мм. Винипласт сваривают в размягченном (вязкотекучем) состоянии при температуре 220...240°C. Присадочным материалом служат сварочные прутки диаметром до 5 мм из пластифицированного винипласта. Процесс сварки осуществляется путем размягчения прутков и сцепления их с основным материалом.

В любом поисковике набираете «сварка винипласта» и там все будет подробно расписано. Опыт придет уже через 30 минут работы (я через 10 минут чувствовал себя профессионалом), к стати этот же способ применяется при сварке сломанных автомобильных бамперов. Таким же способом варятся, и гальванические барабаны о них мы поговорим позже. Самостоятельная сварка оборудования позволит сэкономить Вам массу наличности. По сколько мы говорим о гальванической ванне для гаража, то нет смысла делать ее объемом более 100 литров, и Вам потребуется не одна ванна а несколько, допустим для оцинкования (обезжиривание, промывка, цинкование, промывка, хроматирование, промывка).

### **Стадии процесса цинкования (пример)**

Обезжиривание в органических растворителях

Обезжиривание химическое в щелочном растворе

Промывка в горячей воде

Обезжиривание электрохимическое анодное или катодное в щелочном растворе

Промывка в горячей воде

Промывка в холодной воде

Активирование или травление

Промывка в холодной воде

Промывка в холодной воде

Цинкование

Промывка в холодной воде

Осветление в (0,3 - 0,5) %-ном растворе азотной кислоты (может исключаться)

Пассивирование

Промывка в холодной воде

Промывка в теплой воде (температура не более 40 °C)

Сушка (температура не более 60 °C)

Так что количество ванн, их объем, вы должны предусмотреть за ранее согласно площади гаража. Но есть прямая зависимость между стабильностью электролита и объемом ванны, проще говоря, при маленьком объеме гальванической ванны придется чаще корректировать электролит.

# Аноды для гальваники

## АНОДЫ

Аноды служат, в первую очередь, для подвода тока в электролит и для равномерного распределения его по деталям. Менее важно второе назначение растворимых анодов — возмещать убыль металла в электролите взамен выделенного при покрытии изделий. Третья функция анодов — это выполнение некоторых окислительных процессов, нужных для поддержания постоянства состава электролита. И, наконец, приходится считаться с их побочным действием — загрязнением ванны шламом и посторонними примесями.

Прошедшие через электролит 96,5 кКл (26,8 А·ч) электрического тока растворяют или выделяют на аноде и на катоде по 1 г-экв вещества. Однако почти никогда этот грамм-эквивалент не состоит только из металла покрытия. И на аноде, и на катоде идут еще и другие процессы растворения и выделения разных веществ, сумма эквивалентных количеств которых вместе с металлом покрытия составляет тот грамм-эквивалент, который 96,5 кКл (26,8 А·ч) может растворить или выделить на аноде или на катоде. Та доля количества электричества, которая пошла на растворение металла покрытия на аноде или на его осаждение на катоде, называется анодным или соответственно катодным выходом данного металла по току. Этот выход по току никогда не может быть больше 100 %. Встречающиеся иногда указания о выходе по току больше 100 % объясняются сознательно допущенной и общепринятой «ошибкой», когда для упрощения не учитывают одновременное выделение металла из ионов разной валентности или его химическое растворение без участия тока г.

### Роль анодов в гальваническом процессе

Выход по току и постоянство состава электролита.

Анодный и катодный выходы по току зависят от свойств металла покрытия, состава электролита и режима процесса. Эти факторы, в частности некоторые компоненты электролита, и плотность тока могут по-разному влиять на выходы по току на аноде и катоде. Практически они почти никогда не бывают одинаковы, анодный выход по току часто бывает меньше катодного. В этом случае электролит будет по мере работы обедняться металлом покрытия. Это относительное обеднение металлом следует отличать от общего снижения концентрации электролита вследствие уноса при выгрузке деталей. Такой унос вызывает снижение концентраций компонентов в их первоначальном (рецептурном) соотношении. Для поддержания постоянства относительных концентраций металла покрытия и остальных компонентов следует создать условия, при которых разница между анодным и катодным выходами по току была бы возможно меньшей.

**Анодные режимы.** Анодный выход по току с увеличением анодной плотности тока снижается за счет пассивирования анода, затрудняющего его растворение. Поэтому простейшим и самым распространенным способом улучшения растворимости анодов будет снижение плотности анодного тока путем завески в ванну большей площади анодов, чем площадь деталей. Для ориентировки в табл. 6 приведены для некоторых электролитов предельные значения анодной плотности /а тока, при которой наступает полное пассивирование анода, и рекомендуемое отношение площади анодной поверхности к катодной ( $S_a : S_k$ ).

1 Как правило, в этих случаях специально объясняется, за счет чего расчет дал величину свыше 100

‰.

Ванна	Аноды	$i_{\text{анод}}$ А/дм <sup>2</sup>	$S_{\text{A}} : S_{\text{H}}$
Кадмиевая цианистая	—	2—3	—
Медная цианистая	—	1,5—4	1 : 1
Медная сернистая без перемешивания	Катаные и литые	5	1 : 1—2 : 1
То же с перемешиванием	То же	17	1 : 1
Медная сернистая	Фосфористая медь	—	2 : 1
Медная борфтористоводородная без перемешивания	Катаные и литые	40	2 : 1—3 : 1
То же с перемешиванием	То же	55	—
Медная пиррофосфорнистая	—	4 * 0,3 **	0,7 : 1— 1,5 : 1
Никелевая сернистая без хлоридов	Катаные неактивированные	15	—
То же с хлоридами	То же	35	2 : 1
Никелевая сернистая с хлоридами	Активированные серой	50	—
Никелевая сульфатная	То же	60	—
То же	Анодная корзина	—	1,3 : 1 ***
Цинковая цианистая	—	—	0,8 : 1— 1,3 : 1
Цинковая цинкатыная	—	—	1 : 1—2 : 1
Цинковая аммиакатная	—	—	2 : 1

\* При pH 7,4.  
\*\* При pH 10,5.  
\*\*\* Расчет произведен на проекционную поверхность корзины.

### Таблица б. Анодные режимы для электролитов

Влияние анодов на равномерность распределения тока. Расстояние между анодом и деталью должно быть возможно большим, особенно для деталей сложного профиля, чтобы относительные расстояния от анода до ближних и дальних точек детали меньше различались между собой. Нижний конец анода не должен опускаться существенно ниже деталей, иначе нижняя часть детали, получая ток от относительно большей поверхности анода, чем середина детали, может «подгореть», что особенно часто случается в ваннах без перемешивания, на дне которых температура раствора заметно ниже, чем наверху. В технической литературе встречаются даже рекомендации закрывающими и непроводящими экранами верхнюю часть анода от уровня верха детали до зеркала электролита, хотя здесь эффект от избытка площади анода менее опасен! для детали. Выступающие углы, острия и другие выступы деталей, если их нельзя расположить в плоскости катодной штанги, должны быть направлены в сторону промежутка между соседними анодами. Промежуток между анодами не должен превышать половины расстояния между анодами и деталями.

**Материалы для нерастворимых анодов.** В цианистых и щелочных ваннах хорошо работают аноды из малоуглеродистой или из коррозионностойкой стали, предпочтительно хромоникелевой. В кислых ваннах в большинстве случаев применяют аноды из свинца или его сплава с 4—8 % сурьмы, или с 6—10 % олова, или 4,5 % сурьмы и 0,2 % серебра (последние два преимущественно для хромировочных ванн). Значительно реже применяются графит, титан и платинированный титан, обладающие при этом хорошей химической стойкости, и некоторыми отрицательными свойствами: графит механически непрочен; титан иногда может пассивироваться до такого высокого потенциала, что на нем начинает разряжаться хлор из присутствующих в электролите хлоридов.

**Активирующие добавки в электролитах и в анодах.** Во многих ваннах применяются активаторы растворения анодов, добавляемые в электролит для повышения анодного

выхода по току. В медной и других цианистых ваннах такими добавками служат анионы солей винной, угольной или роданистой кислот. В современных концентрированных электролитах количество углекислого натрия часто превышает 100 г/л. В сернокислую и сульфатную никелевые ванны прибавляют хлористые соли (катион роли не играет). Указываемые в рецептуре электролита количества активирующих добавок можно в процессе практической работы уточнить, добиваясь возможного постоянства кислотности электролита рН или концентрации металла покрытия в растворе (по данным химического анализа).

Добиваться полного постоянства не нужно, да это и затруднительно, ибо оно зависит от еще многих других факторов, лишь бы рН удерживалось в указанных в рецептуре пределах. Для активирования никелевых анодов в большинстве случаев требуется не более 15 г/л NaCl. В современных ваннах, работающих при больших плотностях тока, начинают все чаще применять аноды с внесенными в них при отливке активирующими добавками. В медных анодах такой добавкой служит фосфор (0,02—0,04 %, иногда даже 0,20 %). Добавка в оловянные аноды алюминия (1 %) позволяет в щелочной оловянной ванне увеличить плотность предельного неактивирующего тока до 9 А/дм<sup>2</sup> вместо 4 А/дм<sup>2</sup> для анодов без добавки. Для никелевых ванн применяют аноды с добавкой кислорода (0,1—0,2 %, что соответствует 0,46—0,91 КiO). В качестве добавки может служить также углерод (0,08—0,30 %) при наличии в аноде кислорода не более 0,01 % или серы (0,002—0,075 %, по другим данным — 0,02—0,04 %).

Во всех трех типах активированных никелевых анодов концентрация добавок не должна превышать указанные пределы, так как образующиеся окись никеля, графит или сернистый никель скапливаются на границах зерен, ослабляют сцепление между ними, что вызывает их выпадение. При малых концентрациях добавок можно улучшить равномерность их распределения прогревом прокатанных анодов при 950—1250 °С.

В цинковых анодах для кислых ванн применяют противоположно действующую добавку, замедляющую (ингибирующую) бесполезное химическое растворение анодов, — добавку 0,5—1,0% алюминия. Действие алюминия значительно усиливается добавкой 0,03 % ртути. Но изделия, оцинкованные в присутствии ртути, недопустимо применять в соседстве с алюминиевыми (и латунными) деталями, так как попадающая в покрытие ртуть, амальгамируя алюминий детали, лишает его защитной окисной пленки и алюминиевая вещь на глазах превращается в рыхлую окись. В электролитах для никелирования, не содержащих хлориона, никелевый неактивированный анод пассивируется при потенциале не более 0,2 В, тогда анод, содержащий серу, начинает пассивироваться только! при 0,8 В. Анод с 0,02—0,03 % серы в электролите не содержащем хлор-иона, может работать при анодной плотности тока до 15 А/дм<sup>2</sup>, в электролите типа Уаттса—1 с 50—60 г/л хлористого никеля, при температура 40—60 °С — до 50 А/дм<sup>2</sup>.

Анод из электролитического никеля без активирующих добавок дает чисто металлический шлам и в малых количествах, составляющих 0,01—0,05 % от массы) израсходованного анода, тогда как анод, активированный серой, дает нерастворимый и нетокопроводный шлам в количестве свыше 0,18 % от массы анода, значительно более мелкий, легче проникающий через чехол, легче вымывающийся через оказавшийся ниже уровня электролита край чехла и хуже отстаивающийся. В литературе приводятся такие результаты ситового анализа шлама, накопившегося в ванне сернокислого никеля, содержащей 45 г/л хлористого никеля: шлам высококачественного неактивированного электролитического никелевого анода содержал частиц крупнее 160 мкм—55%, мельче 40 мкм — 24%; шлам анода, активированного серой, содержал частиц крупнее 160 мкм — 3 %, а частиц меньше 40 мкм — 86 %

Неудобства от наличия мелкого шлама окупаются возможностью работы при большой анодной плотности тока.

### **Эксплуатация анодов**

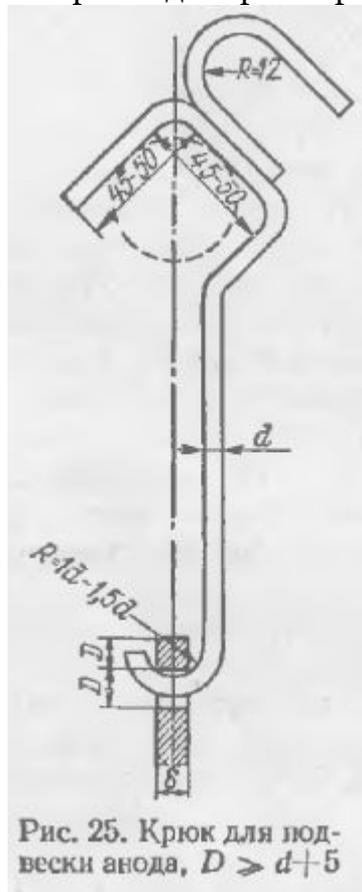
Габаритные размеры и профиль анодов. При работах по уходу за анодами их приходится часто вынимать из ванны, поэтому они не должны быть слишком тяжелыми. Женщинам запрещено поднимать тяжести более 16 кг, но учитывая неудобство снятия анода с задней анодной штанги и необходимость его выдержки на весу для стекания раствора из чехла, не следует делать аноды тяжелее 10—12 кг. Масса анода толщиной 10 мм на каждый

1 дм<sup>2</sup> площади его поверхности для различных металлов (г) следующая:

Железо.....	790
Золото.....	1930
Кадмий.....	865
Кобальт .....	890
Медь.....	894
Никель.....	890
Олово.....	730
Свинец.....	1135
Серебро.....	1049
Титан .....	450
Цинк.....	714
Латунь.....	870

Поперечное сечение у распространенных анодов обычно прямоугольное, поскольку их режут из прокатанного листа, но это не самое выгодное сечение, по-тому что анод срабатывается главным образом с боков и снизу. Часто встречающиеся в производстве цилиндрические аноды (диаметрами 30—50 мм) удобны в эксплуатации и их фактическая поверхность в 1,57 раза больше проекционной. В иностранной литературе рекомендуют, например, для медных пирофосфатных ванн аноды с сечением, напоминающим шестеренку; поверхность такого анода в 2—3 раза больше проекционной.

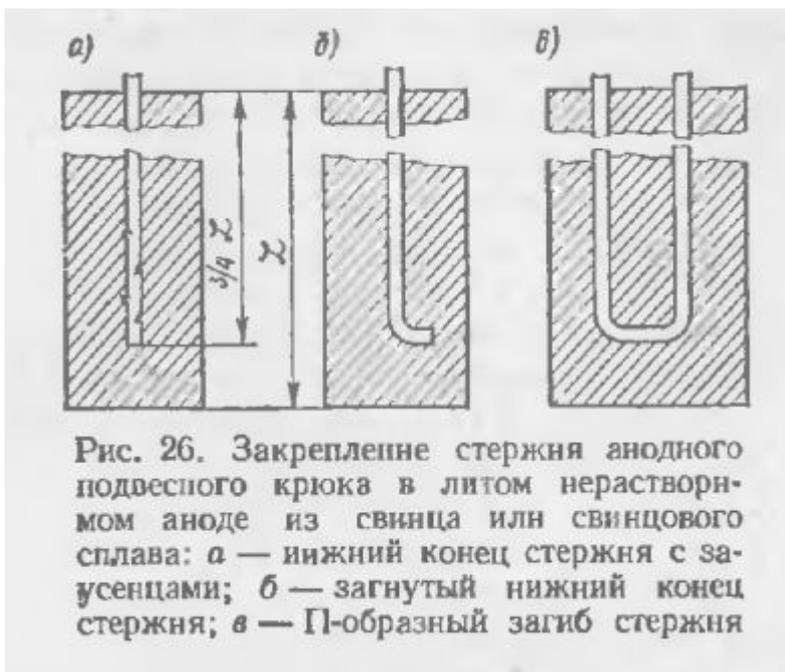
**Подвешивание анодов.** Плоский анод подвешивают на двух крюках из медного или латунного прутка или полоски, нижние концы которых, загнутые на полуокружности с внутренним радиусом, равным одинарной или полуторной толщине анода, заведены в отверстия, просверленные около верхнего края анода. Свободный конец загиба не должен выходить из отверстия анода выше горизонтального диаметра загиба — длинный конец мешает надеванию анода. Отверстие в аноде должно быть на 5—8 мм больше диаметра прутка крюка. Расстояние от центра отверстия до верхнего края анода примерно равно полутора диаметрам отверстия, а при завешенном в ванну аноде расстояние от центра отверстия до зеркала раствора должно быть не менее 50 мм (рис. 25).



Верхняя часть крюка и его электрический расчет делаются так же, как и у крюка подвески.  
**Нерастворимые аноды из свинца и его сплавов**, особенно для хромировочной ванны,

приходится делать сложнее. Их нельзя изготавливать из листа и, тем более, нельзя вешать на анодную штангу обернув вокруг нее верхний край листа. Такой способ подвешивания не дает надежного контакта со штангой из-за плохого прилегания и загрязнений (окислов и засохших брызг! раствора), но, что еще важнее, из-за плохой электро-1 проводности свинца (только 8 % от проводимости меди) падение напряжения вдоль даже не длинного! анода катастрофически скажется! на покрытии нижней части деталей. Анод должен быть отлит из свинца или его сплава в виде пластины толщиной 10—15 мм или цилиндра диаметром 20—50 мм, внутрь которого залит на  $2/3$ — $3/4$  длины анода медный или латунный стержень. Верхний конец стержня, выступающий из анода, загнут в стандартный подвесной крюк. Очень важно, чтобы залитая внутрь анода часть стержня крюка была предварительно тщательно покрыта оловом (для надежного контакта). Для надежного крепления в аноде на ней должны быть сделаны заусенцы (3—6 заусенцев, надрубленных зубилом) или конец стержня немного загнут, и иначе стержень может вытянуться из анода (рис. 26).

Изложница для отливки плоского анода из свинца или его сплава может быть сделана из листа кровельного железа, края которого отогнуты вверх на толщину будущего анода. В одной из торцовых стенок бортика сделан вырез, куда перед отливкой закладывается стержень анодного крюка. Зазор между краем выреза и стержнем плотно закрывают клочком асбеста и крюк во время заливки и полминуты после заливки, пока металл не затвердеет, придерживают плоскогубцами, чтобы стержень не всплыл (рис. 27). Изложницу для круглого анода делают из отрезка водопроводной трубы, разрезанной ножовкой по диаметральной плоскости. Полученные два полуцилиндра



складывают в цилиндр, связывают проволокой (некоторая нецилиндричность за счет толщины реза роли не играет). Через нижнее отверстие вставляют стержень

Рис. 26. Закрепление стержня анодного подвесного крюка в литом нерастворимом аноде из свинца или свинцового сплава: а — нижний конец стержня с заусенцами; б — загнутый нижний конец стержня; в — П-образный загиб стержня

крюка, затыкают отверстие вокруг него асбестом и, придерживая крюк плоскогубцами или зажав его в тиски, заливают через верхнее отверстие свинец. В обоих случаях после выемки плоского или круглого анода из изложницы надо тщательно проверить, не обнажился ли где нибудь стержень. Небольшие аноды из свинца можно отливать просто в трубку, свернутую из плотной бумаги.

#### Анодные чехлы.

При растворении всех анодов образуется шлам — выкрошившиеся кристаллики металла,

окислы, межкристаллические включения и пр.

Этот шлам легко взмучивается в ванне, осаждается на детали, ухудшая внешний вид и качество покрытия. Чтобы шлам не попадал в ванну, на аноды надевают



Рис. 27. Изложница типа подноса для отливки плоских нерастворимых анодов из свинца или свинцового сплава: а — общий вид, б — способ загиба угла чехлы, сшитые из достаточно стойкого в электролите материала в виде открытых сверху мешков с завязками, удерживающими их от сползания с анода. Верхний край чехла должен быть на 50—70 мм выше зеркала электролита, чтобы шлам не могло выплеснуть в ванну. На каждый анод лучше надевать по два чехла один на другой (для гарантии от прорыва).

Из распространенных у нас синтетических тканевых материалов очень удобен для чехлов хлорин (артикул 86006), он достаточно плотен, но при этом поддается сшиванию на бытовой швейной машине. Для не слишком кислых ванн его можно шить обычной хлопчатобумажной ниткой; для сильно кислых ванн его приходится шить вручную ниткой, выдернутой из хлориновой ткани, или склеивать эпоксидным клеем. При этом площадь склейки должна быть возможно меньшей — она непроницаема для электролита. Годятся также плотные сорта полипропиленовых и капроновых тканей. Для не очень кислых ванн можно применять хлопчатобумажные ткани (бязь, фланель, бельтип) и льняные, суконные не рекомендуется. Перед употреблением чехлы, особенно хлопчатобумажные, надо стирать в горячей воде для отмывки крахмала и других апретурных материалов. Все чехлы надо не реже раза в неделю снимать с анодов, стирать и перед повторным применением внимательно проверять на целость.

### Использование отходов растворимых анодов

Переplавка отходов растворимых анодов для многих заводов затруднительна, да и литые аноды в большинстве случаев работают хуже катаных. Более рационально использование анодных сетчатых корзин, в которые загружают отходы, предварительно нарубленные на кусочки размером от 25x25 до 50x50 мм. Для цианистых и щелочных ванн корзины делают из углеродистой или коррозионно-стойкой стали, для кислых — из пластмассы или из стали покрытой пластмассой. В пластмассовые корзины опускают пластинку из анодного металла для подвода тока к отходам.

В последнее время в обиход стали входить значительно более удобные титановые корзины.

На титане в присутствии ничтожных следов кислорода или иных окислителей образуется тонкая (0,000005 мм) непроводящая окисная пленка, обладающая свойством существенно снижать свое сопротивление в местах, подвергающихся относительно большому удельному давлению, например под краем лежащего в корзине об-резка. В других местах эта электрически и химически изолирующая пленка сохраняет свои электрические свойства. Ее пробивное напряжение в растворе сульфатов или серной кислоты доходит до 80 В, в солянокислой среде оно падает до 7—8 В, что тоже достаточно для работы ванны, а в обычных серноокислых электролитах с примесью хлоридов имеет какую-то промежуточную величину. Пленка разрушается только в присутствии иона фтора. Такая корзина в никелевом электролите требует лишь на 0,1 В большее напряжение, чем обычный плоский анод — это в пять раз меньше экономически допустимой разницы.

При пользовании титановыми корзинами нужно, чтобы корзина была всегда наполнена анодными обрезками выше верхнего края деталей. В случае, если какая-либо выступающая точка детали окажется вблизи пустой части корзины, против нее на стенке корзины в точке у возможно повышение напряжения, приводящее к пробое пленки и коррозии титана (рис. 28). При нахождении под током совершенно пустой корзины ее потенциал может подняться до потенциала анодного окисления, что, наоборот, сильно утолстит пленку и корзину придется протравить для восстановления электрического контакта с обрезками металла. Без тока в неработающей ванне корзина может находиться и пустой, и полной. На корзину надевают чехол, как на обычный анод.

Действующая площадь анодной корзины примерно в полтора раза больше площади ее проекционной поверхности. На 1 дм<sup>2</sup> площади проекционной поверхности корзины можно подавать ток до 6,5 А.

**Конструкция анодной титановой корзины.** Сечение корзины, как правило, прямоугольное, толщиной от 50 до 100 мм (в более узких анодные обрезки могут заклиниваться и зависнуть), шириной 100—300 мм. Высота корзины обычно равна высоте анода. Верхний край корзины должен быть выше зеркала электролита на 50—70 мм для возможности ее загружать не вынимая из ванны.

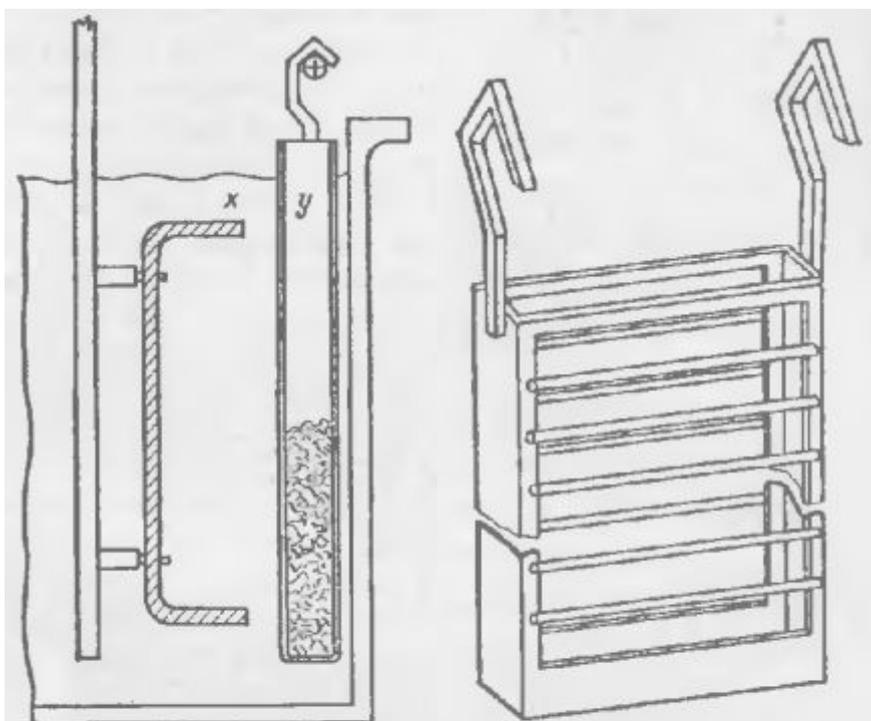


Рис. 28. Относительное расположение анодной корзины и деталей, ведущее к возможному пробое корзины

Рис. 29. Конструкция анодной титановой корзины

Торцовые стенки делают сплошными, стенки, обращенные к деталям, — из сетки или из горизонтальных прутков с интервалами порядка 20 мм и вертикальных, сдерживающих горизонтальные от выкручивания, с интервалом 70—100 мм, дно — в виде сплошного поддона с

бортиками высотой 20—30 мм (рис. 29). На рисунке вертикальные прутки не показаны. Сварку всех стыков лучше вести аргоно-дуговым способом, но даже при значительном различии в толщине свариваемых деталей, хорошо зачищенных поверхностях и быстрой сварке (менее секунды на точку) титан удается доброкачественно сварить обычной точечной или контактной сваркой — при быстрой сварке кислород и азот воздуха не успевают продиффундировать к месту сварки. Сетку лучше варить заложив ее край между стенкой корзины и накладкой из титановой полоски точечной сваркой с интервалами точек 25—50 мм. После сварки желательна корзину протравить. Шов, выполненный аргоновой сваркой, должен быть светлым, но не серым или белым.

Подвешивание титановой и анодной корзины. Корзину подвешивают на анодную штангу двумя крюками, приваренными к торцовым стенкам.

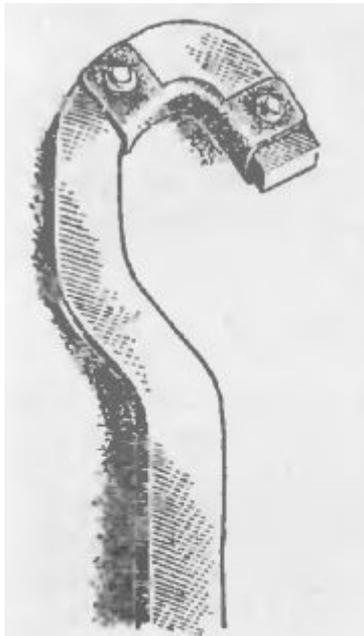


Рис. 30. Подвесной титановый крюк анодной корзины с приклепанной медной или никелевой накладкой для улучшения электрического контакта с арматурной штангой

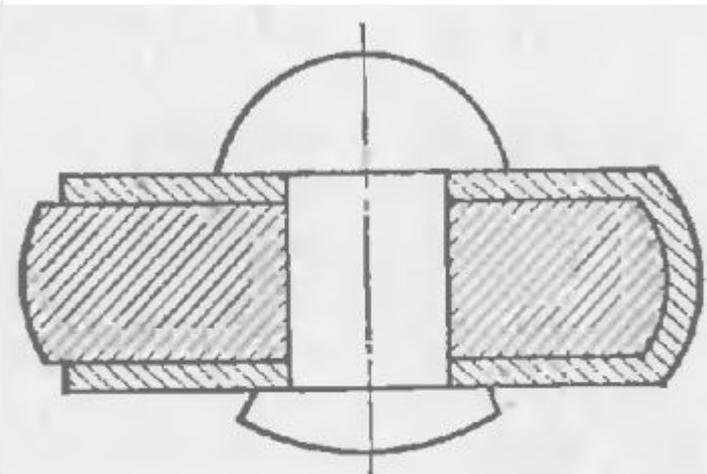


Рис. 31. Разрез крюка, изображенного на рис. 30, в месте приклепки к нему накладки

Крюки выгоднее делать с клепанной медной или никелевой накладкой для улучшения электрического контакта с арматурной штангой

ребро на лезвие для увеличения давления в кон-такте стоит только при сравнительно небольших токах, ибо отвод теплоты от лезвия хуже, чем от тупого ребра. Для улучшения контакта при больших токах к контактирующему ребру приклепывают медную или, лучше, никелевую накладку (рис. 31).

Насыпная плотность никелевых шариков около 5,7 кг/дм<sup>3</sup>, никелевых квадратиков размером 25X X 25 мм — около 5,0 кг/дм<sup>3</sup>, а механическая нагрузка, выдерживаемая в пределах упругости титановым крючком сечением 6X6 мм, составляет 100 кг, сечением 12,5X12,5 мм — 250 кг, а при сечении 25x6 мм — 1,8т. Электрический расчет титановой корзины. Электропроводность титана в 28 раз хуже, чем меди, поэтому сечение токонесущих титановых деталей корзины, расположенных выше зеркала электролита, берут из расчета 1 А/мм<sup>2</sup>, а погруженных в электролит — до 5 А/мм<sup>2</sup>. При нагрузке 125 А на крюк сечением 25x6 мм и длиной 150 мм с приклепанной медной накладкой при работе над горячей (60—70 °С) никелевой ванной, при перегреве крюка на 25 °С сверх температуры

анодной штанги (50—60 С) энергетические потерн на нагрев крюка .составляют 8 Вт; при нагрузке 65 А, размере крюка 12Х6Х150 мм н прочих вышеприведенных условиях потери равны 4 Вт. Переходное сопротивление заклепки накладки ничтожно, при ее диаметре 6 мм оно менее 3-19" Ом. При полной нагрузке ванны потерн в крюках составляют менее 1 % от общего расхода электроэнергии.

## Анодирование алюминия

Алюминий (лат. Aluminium, от alumen - квасцы) - химический элемент III гр. периодической системы, атомный номер 13, атомная масса 26,98154. Серебристо-белый металл, легкий, пластичный, с высокой электропроводностью,  $t_{пл} = 660 \text{ } ^\circ \text{C}$ . Химически активен (на воздухе покрывается защитной оксидной пленкой). По распространенности в природе занимает 4-е место среди элементов и 1-е среди металлов (8,8% от массы земной коры). Известно несколько сотен минералов Алюминия (алюмосиликаты, бокситы, алуниты и др.). Получают электролизом глинозема  $Al_2O_3$  в расплаве криолита  $Na_3AlF_6$  при  $950 \text{ } ^\circ \text{C}$ . Алюминий имеет решётку гранцентрированного куба, устойчив при температурах от  $-269 \text{ } ^\circ \text{C}$  до точки плавления ( $660 \text{ } ^\circ \text{C}$ ). Алюминий не имеет аллотропических изменений, элементарная ячейка состоит из 4 атомов, атомный диаметр  $2,86 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ . Теоретическая плотность алюминия равна  $2698,72 \text{ кг/м}^3$ . Электросопротивление алюминия высокой чистоты (99,99%) при  $20 \text{ } ^\circ \text{C}$  составляет  $2,6548 \cdot 10^{-8} \text{ Ом/м}$ , или 65% электросопротивления международного эталона из отожжённой меди. Отражательная способность полированной поверхности составляет более 90%.

Непосредственный контакт окружающей среды и поверхности большинства алюминиевых сплавов приводит к появлению пятен на поверхности изделий. Один из самых распространенных способов избежать ухудшения внешнего вида алюминиевых изделий - анодирование. При анодировании на поверхности металла образуется слой защитной пленки. Она состоит из окислов алюминия. окислы алюминия препятствуют взаимодействию алюминия и окружающей среды.

Сначала готовят отдельно два насыщенных раствора - питьевой соды и поваренной соли - в кипяченой воде при комнатной температуре. Для получения насыщенного раствора растворение необходимо вести не менее получаса, периодически помешивая раствор. После этого растворы должны отстояться в течение 15 минут, и их нужно профильтровать. Затем готовят электролит путем смешивания девяти объемных частей раствора питьевой соды и одной объемной части раствора соли (9:1). Электролит хорошо перемешивают в стеклянной посуде.

Перед анодированием деталь тщательно зачищают наждачной бумагой либо напильником и обезжиривают. Затем погружают в раствор электролита. Плюс источника тока присоединяют к самой детали, "минус" - к токопроводящей емкости с электролитом. плотность тока должна составлять около  $15 \text{ ма/см}^2$ . анодирование длится около 90 мин. Анодированная поверхность имеет приятный серый, оливковый, золотистый, коричневый или черный оттенок (в зависимости от плотности электролита) и незначительную шероховатость. Такая пленка является прочным и долговечным покрытием, но, к сожалению, не дает широкой палитры цветов, необходимых для современного дизайна.

При желании деталь после анодирования можно окрасить в растворе анилинового красителя. Красящий раствор содержит 15 г красителя и 1 мл уксусной кислоты на 1 л воды. Окрашивание производят в подогретом до  $60...80 \text{ } ^\circ \text{C}$  растворе. Длительность выдержки в растворе зависит от необходимой насыщенности цвета и обычно составляет 10...15 мин. Для закрепления окраски покрашенную деталь выдерживают в кипящей дистиллированной воде в течение 1...1,5 мин.

## Литература

1. Плотников В. Радиоловительская технология.-М.: Энергия, 1978. - 198 с.
2. В помощь радиолюбителю. Вып. 108. - М.: Советский патриот. - 80 с.

## Подготовка и обезжиривание поверхности

Прежде чем подвергнуть поверхность детали какой-либо химической обработке, ее требуется хорошо очистить (иногда отшлифовать и отполировать), обезжирить, снять тонкую пленку окисла (декапирование). Если поверхность заметно замаслена, то лучше тогда сначала промыть деталь каким-нибудь органическим растворителем, для металлов можно порекомендовать любой из растворителей для масляной или нитрокраски, керосин, бензин, спирты (лучше уайт-спирит или чистый бензин). Для пластмассы и различных полимеров безопаснее использовать этиловый либо изопропиловый спирт, но сначала необходимо на кусочке этой детали проверить, не растворяет ли спирт пластмассу. Если растворитель не содержит следов масел (капните каплю растворителя на чистое стекло и подождите пока высохнет, не должно оставаться видимой маслянистой пленки), то на этом можно и закончить, тщательно промыть деталь с мылом или стиральным порошком. Если растворитель не чистый или Вы решили им не пользоваться, обезжиривание требуется вести в щелочных водных растворах. В основном эти растворы содержат едкий натрий или едкий калий (NaOH или KOH), тринатрийфосфат (фосфат натрия 3-х замещенный,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), соду ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), силикат натрия (силикатный клей, жидкое стекло,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) и какое-либо поверхностно-активное соединение (например, ОП - 7). Силикат натрия обычно вводится во все р-ры (10-50 г/л), так как является стабилизатором образующейся эмульсии масла в воде, а другие соединения входят в разных сочетаниях. В составы обработки алюминия обычно не входит едкий натрий. Хорошо работают эти составы нагретыми до температуры более 60°C. Вот один из рецептов, который наиболее прост и пригоден для всех случаев.

Силикат натрия (жидкое стекло, конторский клей,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 5-10 г

Кальцинированная сода (стиральная сода,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 20-25 г

Препарат ОП - 7 5-10 г

Температура 60-70°C, время обработки 5-10 мин.

Препарат ОП - 7 можно не добавлять либо заменить его любым поверхностно-активным средством, можно добавить средство для мытья посуды. Для более активного действия раствора можно добавить 20 г едкого натрия. Соду если необходимо можно заменить вдвое большим количеством тринатрийфосфата. Деталь простой формы можно обезжирить в горячем р-ре любого стирального порошка (50 г/л), а еще лучше и практичней использовать его кашицу, растирая ее по поверхности губкой или щеткой. На хорошо обезжиренной поверхности вода будет лежать ровным тонким слоем, а не собираться в виде отдельных капель. После обезжиривания и перед самым началом обработки, деталь подвергают декапированию, снимают в кислоте тонкую пленку окисла. Для этих целей пригодна серная (конц. 30-50 г/л) и соляная (20-45 г/л) кислота, для декапирования алюминия применяется азотная кислота (10-15% р-р). Температура раствора 20°C, примерное время обработки 20-40 сек. После этого деталь споласкивают водой и сразу подвергают дальнейшей обработке.

## Хромирование

Создание первых производственных установок по хромированию относится к концу 20-х годов текущего столетия. За истекший период времени хромовые покрытия, по сравнению с другими гальваническими покрытиями, получили наиболее широкое распространение. Такое положение объясняется ценными свойствами хрома, позволяющими сочетать в покрытии красивый внешний вид и коррозионную стойкость с высокой твердостью и износостойкостью.

Важной областью хромирования являются защитно-декоративные покрытия. Наряду с этим хромовые покрытия получили широкое распространение в машиностроении для увеличения износостойкости новых деталей машин и инструмента, а также для восстановления изношенных деталей. Последнее приобрело особенно большое значение при ремонте двигателей внутреннего сгорания в связи с созданием технологии пористого хромирования.

Однако применение электролитического хромирования для восстановления изношенных деталей машин ограничивается глубиной износа. В случаях, когда величина износа достигает 0,7 – 1,0 мм хромирование становится нерациональным, так как при большой толщине слоя покрытия продолжительность процесса осаждения велика, а осажденный металл имеет склонность к скалыванию.

В этих случаях может быть применено железнение. Твердость и износостойкость электролитического железа значительно ниже, чем хрома. Поэтому железненные детали подвергаются дополнительно хромированию или цементации.

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.**

Хром – элемент 6-й группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Его атомный номер 24, атомная масса 51,99. До хрома ни один элемент периодической системы не выделяется электролизом из водных ресурсов.

Физические свойства хрома следующие: температура плавления 1890 - 1900 оС; плотность (при 20 оС) 6,9 7,2 г/см<sup>3</sup>; температурный коэффициент 10-6×линейного расширения (при 20 оС) 6,6 К<sup>-1</sup>; удельная теплоемкость К).× 10<sup>3</sup> Дж / (кг × 0,46

Соединения шестивалентного хрома являются сильными окислителями. Все хромовые кислоты относятся к сильным; по мере усложнения их состава степень их диссоциации в разбавленных растворах возрастает. Оксид Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обладает амфотерными свойствами. Соединения Cr<sup>2+</sup>, обладающие основными свойствами, неустойчивы.

Электрически осажденный хром обладает рядом ценных свойств: высокой твердостью, износостойкостью, термостойкостью и химической устойчивостью.

Хром обладает большой стойкостью против воздействия многих кислот и щелочей: он нерастворим в растворах азотной и серной кислот, в соляной и горячей серной кислотах легко растворяется, на воздухе и под действием окислителей пассивируется – на его поверхности образуется тонкая окисная пленка. Хром положительный потенциал и не обеспечивает при наличии в покрытии пор электрохимической защиты от коррозии стальных деталей.

Хорошо полированная поверхность хрома имеет высокие декоративные качества, которые отличаются стабильностью во времени: хром не тускнеет даже после нагрева до 670 – 720 К. Сернистые соединения на хром не действуют.

Хромовые покрытия применяют в следующих случаях:

1. Для защитно-декоративных целей. Хромовое покрытие с подслоем меди и никеля хорошо защищает сталь от коррозии, придавая изделиям красивый внешний вид. Защитно-декоративному хромированию подвергают детали автомобилей, велосипедов, приборов и т.п.
2. Для увеличения отражательной способности. Отражательная способность хромового покрытия уступает лишь отражательной способности серебра и алюминия, однако вследствие более высокой стойкости против окисления отражательная способность хрома более стабильна. Хромовое покрытие поэтому широко используется в производстве зеркал, отражателей, прожекторов.
3. Для увеличения износостойкости. Хромирование с этой целью используется в инструментальном производстве при отделке мерильных инструментов, фильер для волочения металлов и т.п. Большой эффект дает хромирование штампов и матриц при изготовлении различных изделий из резины, пластмасс, кожи, стекла. В этом случае хромовое покрытие не только обеспечивает износостойкость, но также исключает налипание прессуемых материалов к поверхности матриц. Хромовое покрытие значительно снижает смачиваемость стенок форм расплавленным стеклом или металлом. Значительное повышение износостойкости трущихся поверхностей стенок цилиндров и поршневых колец

двигателей внутреннего сгорания достигается при применении процессов пористого хромирования.

4. Для восстановления изношенных размеров. Нарращивание слоя хрома на изношенные поверхности термообработанных валов, втулок позволяет восстановить размеры деталей и этим увеличить срок эксплуатации изделий.

Толщина хромовых покрытий устанавливается в зависимости от условий эксплуатации и назначения покрытий по отраслевой нормативно-технической документации и имеет следующие значения, мкм:

Защитно-декоративные:

по никелевому подслою .....0,5 - 1,5

для деталей из меди и ее сплавов.....6,0 – 9,0

Повышающие износостойкость пресс-форм, штампов и т.п.....9 – 60

Восстанавливающие изношенные размеры.....до 500

## **ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ.**

Электролитическое хромирование применяется для внешней отделки изделий, повышения износостойкости, для защиты от коррозии и в ряде других случаев.

Декоративные и защитно-декоративные покрытия хромом отличаются долговечностью.

Поэтому многие изделия, и в особенности работающие в тяжелых условиях эксплуатации, подвергаются декоративному хромированию: например, детали автомобилей, самолетов, вагонов, приборов, а также инструменты и изделия бытового характера.

Полированные хромовые покрытия обладают хорошей отражательной способностью.

Коэффициент отражения света хромом достигает 70%. Эта величина несколько меньше, чем для серебра, но зато хром не тускнеет на воздухе. Поэтому хромирование используется в производстве различного типа фар и других малоответственных светоотражателей. Наряду с этим, из хромового электролита возможно осаждение черного хрома, применяющегося для уменьшения коэффициента отражения света.

Износостойкие хромовые покрытия применяются для многих инструментов и деталей машин, работающих на трение. К хромированию прибегают при покрытии новых деталей, а также при восстановлении изношенных, потерявших размеры во время работы на трение. Большое значение имеет исправление деталей, забракованных по размерам.

Номенклатура деталей, подвергаемых хромированию для повышения износостойкости, достигает больших размеров: детали мерительных инструментов, предельные калибры, режущий инструмент – метчики, сверла, развертки, фрезы, протяжки, долбяки и пр., инструмент для холодной обработки металлов давлением – волочильные глазки, пуансоны и матрицы для листовой штамповки, штампы для холодной штамповки и т.д.

Благодаря хромированию не только увеличивается срок службы деталей, но часто повышается качество выпускаемой продукции. Это наблюдается при хромировании валиков бумагопрокатных станков, штампов и прессформ для обработки неметаллических материалов и резины. Здесь важное значение имеют химическая стойкость и плохая смачиваемость хрома, что обеспечивает легкое отделение от формы и блеск отпрессованных деталей.

Применение износостойких хромовых покрытий для восстановления изношенных деталей станков и двигателей внутреннего сгорания позволяет во много раз увеличить срок их службы. Примерами подобных деталей могут служить шпиндели станков, шейки коленчатых валов, распределительные валики, толкатели клапанов, поршневые пальцы, шейки валиков различных агрегатов и другие детали.

Важной областью использования износостойких хромовых покрытий является хромирование цилиндров или поршневых колец двигателей внутреннего сгорания. Однако для этих деталей, работающих в условиях ограниченной смазки и высоких удельных нагрузок, положительного эффекта от хромирования можно ждать лишь при покрытии пористым хромом.

Хромовые покрытия нашли применение также для защиты изделий от коррозии. Хром, осажденный при определенных условиях электролиза, обеспечивающих получение

беспористых осадков при толщине слоя 40 – 50 мк, защищает стальные изделия от атмосферной коррозии и коррозии в морской воде.

## **РЕЖИМЫ ХРОМИРОВАНИЯ.**

Они оказывают большое влияние на свойства хромового покрытия и на его качество. Для улучшения кроющей способности сульфатных электролитов сразу же после загрузки деталей дается ток, в 1,5 раза превышающий расчетное значение (“толчок” тока); через 15-30 с значение тока снижается до номинального. При хромировании стальных деталей вначале дается ток противоположного направления для анодного растворения окисных пленок, а затем “толчок” тока в прямом направлении, как указано выше. “Толчок” тока особенно необходим при хромировании деталей из чугуна.

### **Табл. Режимы хромирования**

Вид хромирования	Температура, К	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>
Защитно-декоративное (блестящее)	320-325	15-25
Износостойкое (твердое)	330-332	30-50
Молочное	324-334	25-35

**Пористое хромирование.** Для хромовых покрытий, за исключение “молочных”, характерно наличие пор и сетки мелких трещин, которые снижают защитные свойства покрытия. С целью улучшения условий для удержания смазочных масел в условиях больших нагрузок на поверхность трудящихся деталей размеры пор и трещин увеличивают анодной обработкой в том же электролите, где происходило осаждение хрома. Приготовление и корректирование электролитов. Для приготовления электролитов раздробленные куски хромового ангидрида помещают непосредственно в рабочую ванну, наполненную до уровня водопроводной водой, нагретой до температуры 330-350 К. Растворение хромового ангидрида ведут при непрерывном помешивании.

## **ПРИГОТОВЛЕНИЕ, КОРРЕКТИРОВАНИЕ И РАБОТА ХРОМОВЫХ ВАНН.**

### **ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА.**

**Химикаты для хромирования.** Электролиты для хромовых ванн готовят из двух основных компонентов – хромового ангидрида и серной кислоты. Хромовый ангидрид CrO<sub>3</sub>. Молекулярный вес 100. Удельный вес 2,7. По ГОСТ 2548-44 в техническом хромовом ангидриде, применяемом для приготовления электролитов, допускается содержание следующих примесей:

Серной кислоты не более 0,4%  
Посторонних металлов в сумме не более 0,007%  
Хлора не более 0,0006%  
Нерастворимого остатка не более 0,22%  
Хромового гидрида не менее 99,2%

Примесь азотной кислоты не допускается.

Выпускаемый отечественной промышленностью хромовый ангидрид представляет собой плавную кристаллическую массу темно-красного цвета. На воздухе хромовый ангидрид поглощает влагу.

Серная кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Молекулярный вес 98,08. Удельный вес 1,84. Для приготовления электролита используется чистая серная кислота, ГОСТ 4204-48. В порядке исключения допускается применение технической кислоты.

Серная кислота бесцветна. Присутствие органических примесей может вызвать коричневый оттенок, что, однако, не мешает использованию серной кислоты для хромового электролита.

Составление электролита. Для приготовления электролита рассчитанное количество хромового ангидрида дробится на небольшие куски, загружается в ванну хромирования и заливается для лучшего растворения водой, подогретой до 60-80°. При этом можно использовать водопроводную воду, не загрязненную железом, однако, в районах с жесткой водопроводной водой для этих целей необходимо пользоваться конденсатором или даже дистиллированной водой.

После растворения хромового ангидрида раствор перемешивают и определяют в нем содержание  $\text{CrO}_3$  по удельному весу.

Раствор после тщательного перемешивания подвергают анализу и, установив действительное содержание  $\text{CrO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , подсчитывают и дополнительно вводят недостающее количество компонентов.

Проработка электролита. Для нормального осаждения хрома рекомендуется содержание в электролите небольшого количества  $\text{Cr}^{3+}$ , около 2-4 г/л. В готовом электролите производят пробное хромирование.

Замена хромового электролита производится через 1-2 года и зависит от интенсивности эксплуатации ванны и загрязнения ее примесями.

При эксплуатации ванны следует учитывать, что в процессе электролиза концентрация трехвалентного хрома в электролите изменяется в зависимости от конфигурации деталей.

Так, при хромировании деталей, площадь покрытия которых больше площади анода, например, при хромировании внутренней поверхности цилиндра, концентрация трехвалентного хрома в электролите постепенно возрастает. Если же площадь детали – катода значительно меньше площади анода, что имеет место при хромировании наружных цилиндрических поверхностей, то содержание трехвалентного хрома в электролите понижается.

## **КОРРЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА.**

Для поддержания постоянной концентрации  $\text{CrO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  электролит периодически корректируют путем введения в него новых порций хромового ангидрида и серной кислоты. Количество добавляемого в ванну хромового ангидрида определяется на основании удельного веса электролита или результатам анализа. Добавление в ванну  $\text{CrO}_3$  осуществляется ежедневно.

Корректирование электролита серной кислотой производится значительно реже. Один раз в 7-10 дней электролит подвергают анализу на содержание трех- и шестивалентного хрома и серной кислоты. На основании анализа рассчитывают недостающее количество  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и вводят его в электролит. После этого электролит тщательно перемешивают и дают ему отстояться. Поэтому серную кислоту рекомендуется вводить в ванну во время перерывов в работе.

## **АНОДЫ.**

Материалом анодов для ванны хромирования служит чистый свинец или сплав, состоящий из 92-93% свинца и 8-7% сурьмы. Аноды из сплава  $\text{Pb}$  или  $\text{Sb}$  в меньшей степени покрываются нерастворимой и непроводящей пленкой хромовокислого свинца, чем аноды из чистого свинца.

Во время электролиза выделяющийся на аноде кислород, взаимодействуя со свинцом, образует на его поверхности темно-коричневого цвета непроводящую пленку перекиси свинца. Сопротивление анода в процессе электролиза увеличивается и поэтому через определенные периоды работы ванны необходимо аноды чистить. При непрерывной работе ванны и высоких плотностях тока очистку анодов производят один раз в смену или после окончания цикла электролиза.

Удаление окисной пленки с анодов производится путем обработки их в соляной кислоте, разбавленной 1:1, или в 10-процентном растворе едкого натра. После этого аноды промываются водой.

По форме аноды изготавливаются в большинстве случаев плоскими и цилиндрическими. Однако в следствие плохой рассеивающей способности хромового электролита, при

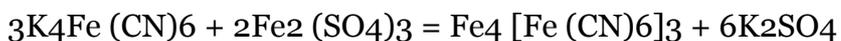
покрытии деталей с глубоким рельефом очертания анода должны определяться формой катода.

## **ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ.**

По мере работы хромовой ванны в электролите могут накапливаться железо, медь и некоторые другие металлы.

Железо по мере накопления в электролите (главным образом вследствие анодного декапирования стальных и чугунных деталей), подобно трехвалентному хрому, суживает интервал получения блестящих осадков. Допустимое содержание железа в электролите 8-10 г/л. На практике иногда содержание железа в электролите достигает 20-250 г/л, но при этом сильно снижается выход хрома по току. Удалить из хромового электролита чрезвычайно сложно. Поэтому электролит с большим содержанием железа обычно заменяют новым.

В настоящее время имеются указания на возможность осаждения железа желтой кровяной солью. Предполагается, что реакция между желтой кровяной солью и железом, находящимся в хромовом электролите в виде окисной серноокислой соли, протекает по следующему уравнению:



Для удаления железа желтую кровяную соль, взятую из расчета 5,6 г на 1 г железа в электролите, растворяют в малом объеме воды и при перемешивании вливают в электролит небольшими порциями. Образующемуся осадку берлинской лазури дают отстояться, после чего электролит осторожно сливают. При этом важно избегать введения избытка желтой кровяной соли, в присутствии которого не образуется осадок берлинской лазури. Действие, подобное железу, оказывают медь, цинк и другие металлы. Содержание меди в электролите допускается 5-7 г/л.

Необходимо иметь в виду, что ванны хромирования мало чувствительны к примесям других металлов. Поэтому при неполадках в работе ванны не следует искать причину в загрязнении ее теми или иными соединениями металлов.

Безусловно вредное действие на процесс хромирования оказывает азотная кислота. Даже при малых количествах  $HNO_3$  в электролите, около 0,1-0,2 г/л, осадки хрома получаются темные. Поэтому примесь азотной кислоты в электролите не допускается.

## **РАБОТА ХРОМОВОЙ ВАННЫ.**

Залогом успеха при хромировании является правильность выбора режима электролиза, а также соблюдение его при хромировании. Совершенно не допускаются отклонения от установленной величины плотности тока и температуры электролита. Колебание последней допускается в пределах  $\pm 10$ . Для получения одинаковой плотности тока, на одновременно загруженных в ванну деталях необходимо руководствоваться следующими правилами.

Подвески и контакты (крючки, крючки с прижимами и т.п.) должны изготавливаться из одинаковых материалов. Поперечное сечение токопроводящих частей подвесок должно быть рассчитано на требуемую силу тока без значительного нагревания. Качество контактов при хромировании ввиду применения больших плотностей тока имеет исключительно важное значение. Поэтому поверхность контактов необходимо тщательно очищать от коррозии и всякого налета электролита.

Кроме того, расстояние между изделиями и анодами в ванне для всех подвесок должно быть одинаковым. Несоблюдение этих требований может привести к неоднородности покрытия по толщине слоя хрома, образованию так называемого "пригара" на одних деталях и матовых осадков на других.

В процессе хромирования не допускаются перерывы тока, так как при повторном наращивании происходит отслаивание хрома. Это можно наблюдать либо непосредственно

после хромирования, либо после механической обработки, в результате которой верхний слой хрома осыпается. Повторное хромирование допустимо, если изделие после перерыва тока подвергнуть анодному травлению в течение 30-40 сек. при плотности тока 25-30 а/дм<sup>2</sup>, а затем, изменив направление тока, продолжать хромирование. При этом осаждение хрома следует начинать с относительно низких катодных плотностей тока (но не ниже 20-25 а/мд<sup>2</sup>), и постепенно увеличивать до установленной величины.

При хромировании рельефных деталей рекомендуется в начале электролиза произвести “толчок тока”; это особенно целесообразно в отсутствие фигурного анода. Этот прием состоит в том, что электролиз начинают при плотности тока, примерно, вдвое больше, чем следует, а спустя 1-2 мин., величину ее постепенно снижают до нормальной. Благодаря “толчку тока” удается осадить хром на углубленных участках изделия.

## **УДАЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ.**

Недоброкачественные хромовые покрытия могут быть легко удалены с поверхности изделия.

Хромированные детали, изготовленные из стали и сплавов на медной основе, обрабатывают при комнатной температуре в соляной кислоте, разбавленной 1:1. Растворяется хром достаточно энергично; для ускорения процесса раствор подогревается до 35-40°. Для удобства наблюдения за растворением хрома детали следует загружать в ванну на сетках из винипласта.

Этот способ непригоден для деталей, насыщение которых водородом не допускается, например, для чугунных поршневых колец. Для таких деталей применяется способ, состоящий в анодном растворении хрома в щелочи.

Для удаления хрома изделие навешивают на анодную штангу в ванне с 15-20-процентным раствором каустической соды. Анодное травление производят при комнатной температуре и анодной плотности тока 10-15 а/дм<sup>2</sup>. Катодами служат стальные пластины. В растворе не допускается присутствие ионов хлора, способствующих растворению основного металла детали.

Удаление хлора можно производить также путем анодного растворения покрытия в хромовом электролите. Однако делать это в ванне хромирования не рекомендуется ввиду загрязнения электролита железом и сильного увеличения концентрации трехвалентного хрома. Этот способ может быть рекомендован для удаления хрома с алюминиевых деталей. Образующаяся при этом на поверхности алюминия окисная пленка удаляется зачисткой ее наждачным полотном или растворением в щелочи.

## **ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ.**

Соблюдение режима электролиза и своевременное корректирование электролита служат залогом получения доброкачественного хромового покрытия. Низкое качество подготовки поверхности перед покрытием и отступления от установленной технологии являются основными причинами возникновения дефектов.

Дефекты покрытий.

Вид дефекта Причины возникновения и способы устранения

Отслаивание покрытия

а) Плохая механическая или химическая подготовка поверхности изделия перед покрытием.

б) Деталь перед хромированием недостаточно прогрелась в электролите. Резко снизилась температура электролита, например вследствие добавления холодной воды во время электролиза. Резко увеличилась плотность тока.

в) Перерыв тока в процессе хромирования.

Отслаивание хрома вместе с подслоем никеля

Недостаточное сцепление никеля с основным металлом детали; неправильный рН никелевого электролита.

Темные с коричневым оттенком и “пригаром” (частой сыпью) покрытия Недостаточное содержание серной кислоты: отношение  $\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$  около 200 и более  
Серые с равномерной сыпью покрытия. Кроющая способность электролита снизилась.  
Высокое содержание в электролите трехвалентного хрома. Сильное загрязнение электролита железом или медью.

Отсутствие хрома на углубленных участках поверхности изделия

Плохая кроющая способность электролита. Необходимо произвести “толчок тока” перед покрытием.

Отсутствие покрытия на отдельных участках поверхности изделия

Экранирование участка поверхности изделия другим изделием на той же подвеске или соседней подвеской.

Шелушение покрытия или отложение очень тонкого слоя хрома наряду с образованием грубых толстых осадков на неизолированных участках подвески  
Неудовлетворительный контакт между деталью и подвеской.

Отсутствие хромового покрытия вокруг отверстий

Не произведена зачеканка отверстий свинцом.

Серое покрытие с сильно шероховатой поверхностью

Значительная пористость основного металла

Большое количество мелких точечных углублений Неправильное положение детали в ванне, препятствующее быстрому удалению пузырьков водорода с некоторых участков поверхности

Серое покрытие на нижней части детали

Малое расстояние между нижней частью детали и дном ванны. Нормальное расстояние между деталью и дном ванны должно составлять не менее 70-100 мм

## **ТЕХНОЛОГИЯ ХРОМИРОВАНИЯ.**

### **ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ДЕТАЛЕЙ К ХРОМИРОВАНИЮ.**

Подготовка поверхности детали к защитно-декоративному и износостойкому покрытию хромом имеет много общего. Последовательность технологических операций следующая:

- 1) механическая обработка поверхности (шлифование или полирование);
- 2) промывка органическими растворителями для удаления жировых загрязнений и протирка тканью;
- 3) заделка отверстий и изоляция участков поверхности детали, не подлежащих хромированию;
- 4) монтаж подвески;
- 5) обезжиривание;
- 6) промывка в воде;
- 7) декапирование.

**Требования к механической подготовке.** Перед покрытием поверхность детали обрабатывается по тому классу чистоты, который указан для готовой детали.

После механической обработки на поверхности детали не должно быть неметаллических включений, а также раковин, трещин и глубоких рисок, т.к. хром хорошо воспроизводит все эти дефекты.

**Зачеканка отверстий и изоляция поверхности.** Отверстия, если таковые имеются на поверхности изделия, перед хромированием должны быть закрыты свинцом или другим стойким в хромовой кислоте материалом. В противном случае вокруг отверстия остаются не покрытые хромом участки. Зачеканка производится заподлицо с хромируемой

поверхностью. По окончании изоляции, подлежащие хромированию участки, необходимо тщательно очистить от загрязнения лаком. Поверхность зачищают наждачным полотном №0 и 00.

**Монтаж подвески.** При монтаже подвески на деталь необходимо проследить за тем, чтобы детали не закрывали друг друга и все участки их поверхности, по возможности, одинаково отстояли от поверхности анода.

**Обезжиривание.** При удалении с поверхности детали жировых загрязнений следует иметь в виду, что стальные закаленные тонкостенные детали, работающие при значительных удельных нагрузках, не допускается обезжиривать на катоде; в этом случае применяется анодное обезжиривание или обезжиривание химическим способом.

**Декапирование.** Перед хромированием стальные и чугунные детали подвергаются анодному декапированию в течение 30-90 сек. при плотности тока 25-40 а/дм<sup>2</sup>. Изделия из меди и медных сплавов анодному декапированию не подвергаются.

## **ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОЕ ХРОМИРОВАНИЕ.**

Декоративному хромированию подвергаются детали из стали, меди, латуни, алюминия, алюминиевых и цинковых сплавов.

При декоративном покрытии стальных изделий хромом (ГОСТ 3002-45) хром является наружным слоем многослойного покрытия: медь (осажденная в цианистом электролите) – медь (осажденная в кислом электролите) – никель – хром или никель – медь (кислая) – никель – хром.

## **ПОКРЫТИЯ МОЛОЧНЫМ ХРОМОМ.**

При осаждении хрома на многослойное покрытие защита основного металла детали от коррозии осуществляется прослойкой из меди и никеля.

В ряде случаев покрытие должно обеспечить не только защиту от коррозии, но и высокую стойкость против механического износа. Получение такого хромового покрытия может состоять в осаждении молочного хрома и увеличении толщины покрытия.

На пористость участков хрома сильное влияние оказывают режим электролиза и толщина покрытия. При увеличении толщины покрытия пористость блестящего хрома возрастает, а пористость молочных осадков понижается. Поэтому молочные осадки хрома лучше защищают основной металл детали от коррозии, обладают более высокой коррозионной стойкостью, чем блестящие осадки.

Неодинаковая коррозионная стойкость хромовых осадков объясняется различной степенью пассивности хрома на поверхности покрытия и по граням трещин.

Однако, несмотря на более высокую пассивность и химическую стойкость молочных осадков хрома по сравнению с блестящими, они плохо защищают деталь при одновременном действии на нее коррозионной среды и знакопеременной нагрузки.

## **ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ХРОМОМ.**

Износостойкое хромирование получило три основных направления: 1) повышение износостойкости новых деталей машин и инструмента, подвергающихся механическому износу в процессе работы; 2) восстановление размеров изношенных деталей и 3) исправление деталей, размеры которых оказались заниженными при механической обработке.

Толщина хрома при износостойком покрытии хромом в большинстве случаев составляет 0,03-0,3 мм, в отдельных случаях ее увеличивают до 1,0 мм. Как правило, слой охлажденного хрома должен иметь одинаковую толщину по всей поверхности покрытия. Для достижения положительного эффекта в результате хромирования необходимы следующие условия.

Металл детали, являющийся основой для слоя хрома, должен иметь достаточно высокую твердость. Это особенно касается деталей, работающих при высоких удельных нагрузках при сосредоточенном их действии на отдельных участках поверхности покрытия. При выборе технологического процесса хромирования необходимо считаться с условиями эксплуатации деталей. Если смазка трущихся поверхностей затруднена, а удельные нагрузки достаточно высоки, то следует применять покрытие пористым хромом. Во всех прочих случаях прибегают к осаждению плотных хромовых покрытий. Наиболее часто износостойкому хромированию подвергаются стальные и чугунные детали машин. Химический состав металла покрываемой детали редко служит препятствием к хорошему сцеплению. Однако следует иметь в виду, что стали с высоким содержанием вольфрама и кобальта, а также высокоуглеродистые и высококремнистые чугуны нельзя покрывать хромом. Также трудно получить хорошее сцепление при хромировании деталей, поверхностный слой которых испытывает значительные внутренние напряжения, например, в результате неправильно проведенной закалки.

## **УСЛОВИЯ ХРОМИРОВАНИЯ.**

Процесс износостойкого хромирования по сравнению с защитно-декоративным обладает некоторыми особенностями:

- 1) Напряжение на клеммах ванны более (около 5,5 в), что является результатом применения менее концентрированных электролитов.
- 2) Плотности тока, применяемые при хромировании, более высокие.
- 3) Толщина слоя хрома несоизмеримо больше, что является причиной значительной продолжительности процесса, достигающей в отдельных случаях 24 час.
- 4) Режим электролиза следует поддерживать в строго установленных пределах. Отклонения от установленной величины плотности тока и температуры электролита в процессе электролиза могут вызвать дополнительные напряжения в слое осажденного хрома.
- 5) Хромированию подвергаются обычно стальные и чугунные детали машин без покрытия промежуточным слоем какого-либо другого металла.

Режимы хромирования, обеспечивающие получение блестящих (более твердых) и молочных (сравнительно мягких и эластичных) осадков, выбираются в зависимости от назначения деталей, условий их службы и требований, предъявляемых к покрытию. Ниже приведены основные режимы хромирования для получения осадков того или другого типа:

а) при осаждении блестящего хрома:

Температура электролита .....54 – 560  
Катодная плотность тока Дк.....30 – 50 а/дм<sup>2</sup>  
Температура электролита.....66 – 680  
Катодная плотность тока Дк.....80 – 100 а/дм<sup>2</sup>

б) при осаждении молочного хрома:

Температура электролита .....68 – 720  
Катодная плотность тока Дк.....25 – 30 а/дм<sup>2</sup>

в) при осаждении молочно-блестящего (дымчатого) хрома:

Температура электролита .....60 – 650  
Катодная плотность тока Дк.....30 – 35 а/дм<sup>2</sup>

При выборе режима хромирования следует считаться с рельефностью детали и формой применяемого анода, определяющими степень неравномерности распределения тока между ближними и дальними частями детали.

При хромировании может оказаться, что отдельные участки поверхности детали не покрываются хромом. Для предупреждения этого рекомендуются следующие меры.

При покрытии хромом деталей, имеющих некоторый рельеф, или при одновременном

покрытии одностипных деталей, смонтированных на нескольких подвесках, хромирование следует начинать с толчка тока. При этом плотность тока должна быть, примерно, в 1,5 раза больше заданной. Продолжительность толчка тока составляет 2-3 мин., затем плотность тока постепенно, в течение нескольких минут, снижают до установленной величины. Если по техническим причинам невозможно создание толчка тока, то хромирование следует начинать хотя бы при установленной величине плотности тока или близкой к ней. Совершенно не допускается начинать электролиз с небольшой плотности тока, а затем повышать ее до требуемой величины.

Размерное хромирование. Сущность размерного хромирования состоит в том, что детали покрываются слоем хрома точно до заданного размера и направляются в производство без последующей механической обработки. Размерное хромирование создает экономию в хромовой ангидриде и расходах на механическую обработку детали. При размерном хромировании требуется осадить слой хрома совершенно одинаковой толщины и точно сохранить первоначальную форму детали, например, при хромировании цилиндрических деталей не допускается конусность или овальность.

Для размерного хромирования требуется применение фигурных анодов, специальных подвесных приспособлений, позволяющих жестко монтировать детали и аноды, а также изолирующих экранов. Монтаж должен выполняться таким образом, чтобы в процессе электролиза концентрация силовых линий тока была одинаковой на всей поверхности хромируемой детали.

Значение величины выхода по току и плотности тока при хромировании позволяет точно определить время, необходимое для осаждения требуемой толщины слоя хрома. Расчет производится по формуле

$$\tau = 1314 \text{ мин.},$$

где  $\tau$  – время в мин.,

$\delta$  – толщина покрытия в мк,

$D_k$  – катодная плотность тока в а/дм<sup>2</sup>,

$\eta$  – выход по току в %.

Однако для получения доброкачественного слоя хрома строго определенной толщины необходимо, чтобы поверхность покрытия не была шероховатой или пористой. Поэтому следует обратить внимание на чистоту поверхности детали перед покрытием (отсутствие царапин, пор и т.д.) и правильность состава электролита.

Если к покрываемой детали предъявляются высокие требования в смысле чистоты поверхности и границ допуска на изготовление, то размерное хромирование пригодно только при сравнительно малых толщинах слоя хрома. Примером могут служить гладкие калибры, хромируемые на толщину слоя 10-30 мк. Сравнительно толстые покрытия возможно наносить при размерном хромировании деталей с более широкой границей допусков, например, цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Для этих деталей допускается некоторая конусность и эллипсность, величины которых практически лежат около 0,01 мм.

## **ХРОМИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ.**

При непосредственном хромировании алюминиевых сплавов основной задачей является подготовка поверхности детали к покрытию. Для этого деталь из алюминия или алюминиевого сплава протирается тканью, смоченной бензином, и обезжиривается в течение 3-5 мин. в растворе: 50 г/л Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 50 г/л Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 30 г/л жидкого стекла при T = 60-65°. После промывки в горячей и холодной воде, деталь обрабатывают в цинккислом 7H<sub>2</sub>O, 200 г/л NaOH) в течение 30-40 сек., в растворе (200 г/л ZnSO<sub>4</sub> затем промывают водой и производят обработку в разбавленном 1:1 растворе HNO<sub>3</sub> в течение 5-7 сек. Деталь промывается в воде и вновь погружается в тот же цинккислый раствор на 10 сек. После промывки деталь замешивается в ванну хромирования (желательно под током) и

хромируется при обычных режимах. Хорошие результаты дает также гидropескочистка с завешиванием деталей, покрытых мокрым песком, под током в ванну хромирования.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ХРОМИРОВАНИЯ.**

Обзор способов хромирования и областей его применения свидетельствуют о широком использовании хрома в промышленности. Однако не все возможности технологии хромирования исчерпаны. В настоящее время исследования в области хромирования производятся в различных направлениях.

Однако из таких направлений имеет в виду интенсификацию и стабилизацию процесса хромирования. Этот вопрос одновременно решается различными путями. Первый путь состоит в повышении катодной плотности тока при хромировании до 200-300 а/дм<sup>2</sup>.

Наряду с повышением катодной плотности тока для получения блестящих осадков хрома необходимо также увеличивать температуру электролита, т.е. придерживаться рабочего интервала хромовой ванны. При этом скорость осаждения хрома возрастает не только за счет применения более высоких плотностей тока, но также за счет увеличения выхода по току.

Второй путь состоит в повышении выхода хрома по току при помощи понижения температуры хромирования и изменения состава ванны. Покрытие имеет серо-матовый цвет, но легко полируется: пористость его ниже, а пластичность выше, чем у обычных хромовых покрытий.

Третий путь состоит в изыскании возможности применения растворов с низкой валентностью хрома, обеспечивающих к тому же высокий выход по току.

Наряду с этим важное значение придается стабильной работе электролитов промышленного состава. Так, НИИХИММАШ предлагает саморегулирующийся электролит, имеющий состав: ромового ангидрида – 250 г/л, сернокислого стронция 5 г/л, кремнефтористоводородного натрия – 20 г/л, двухромовокислого калия – 20 г/л. В таком электролите содержание сульфат иона автоматически регулируется введением труднорастворимой соли стронция.

Второе направление имеет целью получение хромовых покрытий с более высокими свойствами. Сюда следует отнести работы по получению особенно твердых, износостойких и коррозионностойких покрытий посредством карбидизации слоя электролитического хрома в парах бензина при  $T = 10500$ . Большой интерес представляют работы по получению хромовых покрытий, хорошо удерживающих на поверхности смазку, что достигается наложением при хромировании переменного тока на постоянный. Для получения пористого хрома высокого качества большое значение имеют работы по осаждению пористых хромовых покрытий токами переменной полярности.

Таким образом, накопившихся к настоящему времени опыт по практическому применению хромирования и новые исследования в этой области создают предпосылки для совершенствования технологии процесса электролиза и дальнейшего улучшения свойств хрома.

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.**

При приготовлении электролита и эксплуатации ванны хромирования необходимо соблюдение правил техники безопасности. Хромовый электролит легко окисляет органические вещества, поражает кожу и слизистые оболочки дыхательных путей. Рабочие, обслуживающие хромовые ванны, должны снабжаться резиновой спецодеждой: фартуками, перчатками и сапогами. Для предохранения глаз необходимо иметь защитные очки.

Ванна хромирования должна быть обеспечена безупречно действующей бортовой вентиляцией. Перед работой носовую полость необходимо смазывать мазью, состоящей из двух частей вазелина и одной части ланолина.

При попадании хромовой кислоты на кожу рук, образовавшееся темное пятно следует смыть раствором, состоящим из одной части спирта, одной части соляной кислоты и двух частей воды.

Хромировочный участок цеха должен быть снабжен песком и огнетушителями. Бензин, керосин, ветошь, целлулоид и т.п. горючие и легковоспламеняющиеся материалы допускается иметь на участке в количествах, необходимых лишь для текущей работы. Хранить их следует в металлических плотно закрывающихся ящиках.

## 8. ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

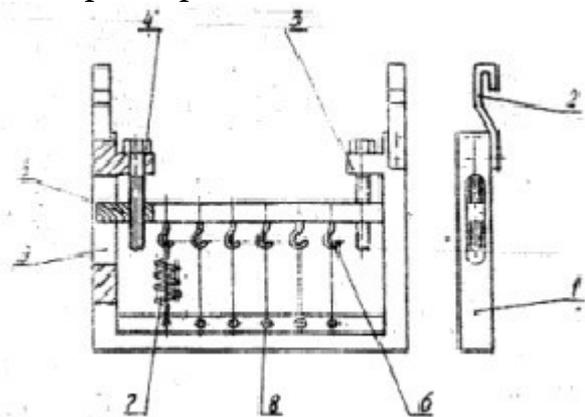
1. “Хромирование и железнение” авт. М.Б. Черкез. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы.
2. “Краткий справочник гальванотехника” авт. А.М. Ямпольский и В.А. Ильин. Ленинград “Машиностроение” 1981г.
3. “Гальванические покрытия в машиностроении” Справочник. Москва “Машиностроение” 1985г.

## Травление

Удалять продукты коррозии с поверхности металлов можно разными способами - механическими, химическими, электрохимическими. Наиболее просто в домашних условиях очистить поверхность от окислов можно химическим травлением. Для химического травления черных металлов и сплавов меди применяются разбавленные кислоты (серная, соляная, фосфорная, азотная), для алюминия - щелочь (едкий натрий, калий). Для того, что бы кислоты растворяли только окислы и не растворяли металл, в р-ры добавляют ингибиторы, вещества снижающие скорость растворения металла и не влияющие на растворение окисей, это 40% р-р формалина (ужасный запах), аммиачно-формалиновая смесь – 38% аммиака (25% р-р) и 62% формалина (40% р-р), уротропин (сухой спирт, таблетки "Текса", в кислой среде распадается с образованием формалина), хлористый натрий (поваренная соль, NaCl). Растворы серной кислоты имеют концентрацию 15-20% с добавлением 20-30 г/л поваренной соли или 10-40 мл/л формалина, или 5-10 г/л уротропина. С повышением температуры скорость растворения окислов увеличивается, но и скорость растравливания металла тоже. Р-ры соляной кислоты имеют концентрацию 15-20% (по HCl, что соответствует приблизительно вдвое разведенной концентрированной соляной кислоте, которая обычно 37% по HCl), ингибиторы - формалин или уротропин в тех же концентрациях. В случае плотного слоя окисла, например, после термической обработки можно использовать концентрированную к-ту, с добавкой 5 г уротропина или 25 мл аммиачно-формалиновой смеси. Р-ры фосфорной кислоты целесообразно применять для травления, что бы придать протравленным деталям антикоррозийные свойства или для дальнейшего нанесения лакокрасочного покрытия (на поверхности создается тонкая и прочная пленка фосфата). Концентрация травильного р-ра 200-300 г/л концентрированной фосфорной кислоты (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Обработку фосфорной кислотой с концентрацией 20-30 г/л можно производить и после протравливания в серной или соляной кислотах для защиты поверхности детали. Травление алюминия производят в 15-20% растворе едкого натрия подогретого до 60-70°C. Выдержка определяется от момента появления пузырьков и колеблется в зависимости от толщины пленки окисла от нескольких секунд, до 2-3 минут. При этом надо учитывать, что скорость стравливания металла в этих условиях 10-15 мкм/мин. После травления алюминий можно осветлить в 15-20% р-ре азотной кислоты. Кроме того, рекомендуется р-р состоящий из азотной кислоты (50 г/л) и бихромата калия (10 г/л). Деталь выдерживают в р-ре до полного удаления следов коррозии. Этот же р-р пригоден для удаления окислов с поверхности магниевых сплавов, выдержка 2-3 мин. После кислотного травления, детали необходимо промыть для нейтрализации остатков кислоты в р-ре соды (3-5%) или аммиака (0,5-2%), а затем в чистой воде. В некоторых случаях можно применять более мягкое травление в слабых органических кислотах (уксусной, лимонной, винной), можно также употреблять кисломолочную сыворотку, маринадные рассолы и т.д. Особенно это касается изделий из медных сплавов. Так, например, латунные ружейные гильзы чистили в огуречном рассоле.

## Приспособление для оцинковки пружин

Нередко приходится подвергать гальванической обработке сложные детали. Одной из таких деталей является пружина. Так как ее нужно покрыть со всех сторон, то в электролите она должна находиться в растянутом виде. Сделать это можно при помощи вот такого нехитрого приспособления. Рис



Приспособление представляет собой (см. рис.) раму 1, которая с помощью крюков 2 навешивается на катодную штангу электролитической ванны. Пружины 7 одним ушком вставляются в отверстие 8 рамы, а другим - надеваются на крючки 6, находящиеся на планке 5.

Планка крепится к раме при помощи винтов 4, закреплённых бобышках 3 рамы. После установки пружин планка перемещается вверх в пазах 9 за счёт вращения винтов. В результате пружины растягиваются и создаётся зазор между витками.

С нашей точки зрения это приспособление хорошо применять при покрытии очень мощных пружин. Маленькие слабые пружины мы как правило разжимаем вставляя внутрь прутки из диэлектрика. Если пружинки совсем слабенькие то можно использовать соломинки от напитков. Этот способ хорош тем что пружинки покрываются в барабанах, что обеспечивает большую производительность.

## Гальваника дома

Что же мы делаем?

Мною, ниже, рассматривается технология электрохимического осаждения металлов. Не каждый может позволить купить себе алюминиевый кейс за 150-200 буказоидов, а ведь хочется? А как тебе медный кейс или никелированный, а? Есть-есть возможность это сделать. Далее, я при изготовлении своих систем водяного охлаждения покрывал слоем серебра свои водоблоки. На тестовом прогоне водоблок покрытый серебром изнутри и снаружи дает понижение температуры на 5 градусов, относительно водоблока без серебра. Результат, как говорится, на лицо. Плюс защита от коррозии, плюс эстетическое удовлетворение.

### Рабочее место

Заниматься гальваникой, как и любым другим делом, можно где угодно. Но желательно все же слегка оборудовать свое рабочее место. Прежде всего необходимо учесть 2 вещи. В процессе работы, ты будешь иметь дело с концентрированными кислотами и прочими едкими веществами. И второй момент, на различных этапах будут выделяться всякие ядовитые газы, едкие пары и прочие испарения. Поэтому желательно обустроить место там,

где сложно что-нибудь прожечь и там должна быть вентиляция. Первая мысль – это кухня. Сразу практический совет. Если на кухне есть вытяжка очень хорошо, только на вытяжке НЕ ДОЛЖНЫ стоять фильтры! Мой первый эксперимент по получению концентрированной серной кислоты, закончился тем, что из вытяжки начала сыпаться всякая труха и мусор, типа сеточек и волокон. Это от паров серняги разрушился фильтр и, следовательно 800 руб., на новую вытяжку, из семейного бюджета – долой. Так что повторюсь, хорошая вентиляция, залог успеха всего мероприятия.

## **Необходимое оборудование**

1. Пиво, куда же без него! Берем 10 или более бутылок и ставим их далеко-далеко в холодильник. Когда все закончим, отметим. А если серьезно, то во время всех наших занятий принимать пищу, пить – крайне не рекомендую. Можно серьезно отравиться! Чрезвычайно не советую заниматься химией «с бодуна» (т.е. с похмелья), руки трясутся, башка трещит... Минимум – испортишь химикаты/заготовки/результаты своего труда, максимум – отравишься/обожгешься /спалишь хату на фиг!

2. Намордник, ака респиратор. Очень нужная вещь. Как уже говорил, «в процессе» выделяется много всякой газообразной гадости, которая здоровью никак не полезна. Добавим сюда же резиновые перчатки. Лучше найти прозекторские. Они достаточно прочные и в то-же время не грубые. Работать без перчаток – все равно, что наждачкой подтереться (шутка юмора). Очень рекомендую фартук из плотной клеенки. Обязательно на ноги какие-нибудь тапки.

3. **Гальваническая станция.** Необходим блок питания на ток 30-50А, с амперметром и плавной регулировкой силы тока. Напряжение не важно, в интервале 12-24V. С электроникой, я не очень дружен, но думаю, найти схему в Интернете, проблем нет. Мне этот девайс знакомый электронщик изготовил за 2 вечера и 1 ящик пива. Далее. Нужны 2 куска кабеля, площадью поболее, для соединения анода и детали с блоком питания. Если взять кабель с меньшей площадью, то он будет сильно греться, так как ток большой. Нужна НЕМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ емкость, такого объема, что бы туда помещалась твоя деталь целиком, плюс анод с такой же площадью. В качестве емкости я использовал пластиковый тазик турецкого производства. Если электролит в тазике не хранить, то он прослужит долго, проверено...

4. **Нагревательные приборы.** Использовать открытый огонь для нагрева – не советую. Не потому, что мы делаем что-то взрывчатое, нет. Просто с открытым огнем тяжело контролировать температурный режим, можно, невзначай, закипятить раствор, который кипятить совсем не надо и т.п. К тому же, есть риск попортить дорогую газовую плиту каким-нибудь раствором. Поэтому будем юзать электроплитку. Еще понадобится утюг с рабочим терморегулятором, чтобы можно было установить температуру подошвы от 80 градусов. Понадобится песчаная баня.

5. **Посуда.** Лучше, конечно, найти где-нибудь набор хим.посуды (колбы, чашки, кипелки). Но если нет, можно пользоваться любой бытовой, которая удовлетворяет 3 требованиям. Неметаллическая, можно греть, прозрачная. Еще понадобится фарфоровая чашка для выпаривания, желательна со сферическим дном. Желательно найти стеклобутылки с притертой крышкой, для хранения реактивов и электролитов.

6. **Измерительное оборудование.** Прежде всего нужны весы, так как отмерять реактивы придется с точностью до грамма. Если есть возможность, пользуй заводские, нет можно изготовить самому. Берешь стальной стержень  $d=10$  мм,  $l=200$  мм. Точно находишь середину, сверлишь отверстие для подвеса. На оба конца стержня нарезаешь резьбу миллиметров по 15, накручиваешь гайки. Сразу за резьбой сверлишь отверстия для подвеса чашек. Под подвес весов, крепишь спицу под углом 90 градусов (нужно точно измерить угол). Спица это твоя шкала. Подвешиваешь чашки (я в первом варианте использовал

спичечные коробки, но это крайне не практично). Далее подвешиваешь весы. Гайками юстируешь положение, важно что бы спица была направленная вертикально вниз (можно проверить отвесом), все весы готовы. Осталось найти гири и можно «отвешивать». В качестве гирек я использовал старые советские монеты. Их номинал довольно точно соответствует весу (1 коп. – 1гр., 2 коп. – 2 гр., 3 коп. – 3гр., 5 коп. – 5 гр.). Далее, нужен термометр. Диапазон шкалы 10-130 градусов.

Расходные материалы

Теперь необходимо определиться с расходными материалами, то бишь реактивами. В принципе, все необходимое можно купить в конторах торгующими химреактивами. Но по России (не знаю как в других странах), этот процесс, в последнее время, стал очень тяжелым занятием. Покупателю химсредств требуется представить доверенность, какую-то выписку из разрешительного документа, что мол данное юрлицо может заниматься какой-то там деятельностью, оплата обычно по безналу и прочие грабли. Лично я не смог это дело одолеть и решил пойти более простым (как оказалось, более сложным) путем – хозмагазины, рынки, СТО, товарищи.

Итак, ниже буду рассматривать СЕРЕБРЕНИЕ поверхностей, соответственно и набор реактивов будет такой. Когда будем заниматься меднением или никелированием, то и химреактивы будут другие.

\*

Серная кислота ( $H_2SO_4$ ) – СТО и автомагазины продают кислоту для заправки аккумуляторов, довольно хорошего качества. Те присадки и примеси что там есть, нашему занятию совершенно не мешают. Если будешь брать кислоту на рынке – есть вероятность нарваться на бодягу и в дальнейшем это отразится на качестве покрытия. Так что осторожнее. Обычно, она продается в пластиковых канистрах на 3л., конц.- 36%. На наши цели – шесть литров – достаточно.

\*

Хлорид натрия ( $NaCl$ ) – он же, пищевая соль. Покупаем в продмаге, 2 пачки (2 кг.).

\*

Гидрокарбонат натрия ( $NaHCO_3$ ) – он же, пищевая сода. Опять идем в продмаг. Нужна одна пачка (100 гр.)

\*

Нитрат натрия ( $NaNO_3$ ) – известен под именем «натриевая селитра». Продается в магазинах, торгующими удобрениями. Я купил пакет на 5 кг (меньше не было). Важное замечание, торгаша удобрениями могут посоветовать купить смесь из натриевой и аммиачной селитры (типа лучше), не брать! Нужен, только,  $NaNO_3$ , желателно без примесей и добавок.

\*

Силикат натрия ( $Na_2SiO_3$ ) – ака «Жидкое стекло». В магазин стройматериалов или на рынок – 1 кг., достаточно.

\*

Карбонат кальция ( $CaCO_3$ ) – он же кальцинированная сода, он же стиральная сода. Вперед на рынок стройматериалов или к торгашам моющими средствами. У кого-то из них эта сода обязательно будет. Пара килограмм – и вот оно, счастье!

\*

Железосинеродистый калий ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ), он ещё известен под названием «жёлтая кровяная соль». Наиболее доступное место, где он может быть, школьная или институтская химическая лаборатория. Необходимо 200гр.

\*

Серебряный лом ( $Ag$ ), тут подойдут и любые серебрясодержащие сплавы (любимая серебряная ложка, сережки, контакты e.t.c.). Количество – сколько заготовишь, но рассчитывай где-то на 15-20 грамм чистого металла.

\*

Любое моющее средство – 1 бутылка.

## Процесс

Прежде всего, изготовим концентрированную серную кислоту. Делаем емкость из пивной 0,5л бутылки, желательно прозрачного стекла (легче контролировать процесс). Для этого отрезаешь горлышко где-то на уровне верхней трети. Острые края бутылки желательно обработать напильником. Готовишь песчаную баню (старая железная кастрюлька или большая кружка, заполненная песком слоем 10 см). Заливаешь сернягу где-то на одну треть. Включаешь нагрев (важно! не суй холодную бутылку в горячий песок, разлетится!). При нагревании серняга дегидролизуется (т.е. теряет влагу) и ее концентрация растет. Дожидаешься, пока не появится легкий дымок. Это пошла окись серы(VI). Не перегрей смесь! (окись серы моментом вытягивает влагу из воздуха и превращается в серную кислоту в виде взвеси, сам понимаешь, что вдыхать эту дрянь не полезно). Быстренько снимаешь баню с плитки и накрываешь бутылку стеклом. Выдерживаешь в бане минут 15-20 и готово. Горячая серняга — весьма опасна, нитроглицерин просто отдыхает. В случае разлива обильно засыпаешь это место пищевой содой, если попадет на кожу — проест быстрее, чем почувствуешь боль (проверено на собственной шкуре — буквально). Так что намордник и перчатки — must have. Подобным образом, повторяя, отгоняешь где-то 300-400мл. концентрата. Храни в стеклянной посуде, лучше с притертой крышкой.

Далее понадобится азотная кислота — делаем сами! Берем 2 бутылки, желательно «попузатее». В одну бутылку кладем 165 грамм натриевой селитры и заливаем туда же 100мл концентрированной серняги. Быстренько соединяем горлышками с пустой бутылкой и заматываем это место скотчем, чтобы внутрь не попадал воздух. Наклоняем получившуюся конструкцию так, что бы пустая бутылка была чуть выше. Начинаем нагревать бутылку со смесью, пустая заполняется красно-бурым газом (окись азота IV), а селитра потихоньку растворяется в кислоте. Не перегревай! Сильный нагрев увеличивает газообразование и окись азота стравится через соединение. После полного растворения, прекращаем нагрев. Бутылки ставишь в холодное место, часа на 3. Получаем в бутылке жидкость с осадком. Осадок, глауберова соль, нам не нужна, а жидкость — концентрированная азотка, на воздухе она «дымит». Повторяя процесс получаешь 150-200мл. Для временного хранения подойдет пластиковая бутылка, но для длительного нужно все-таки стекло.

Продолжаем. Разбавляем азотку водой 1:1. Т.е. на 150мл концентрата получаем 300мл рабочего раствора. Начинаем растворять серебро или его сплавы. Чем мельче будут кусочки, тем быстрее пойдет процесс. При растворении выделяется красно-бурый газ (окись азота), весьма ядовит, так что нужна вентиляция! Пока растворяется серебро, готовим перенасыщенный раствор поваренной соли. В 300мл. воды, при 80 град добавляем соль до тех пор, пока она не перестанет растворяться. Фильтруем. Остужаем. Выпадает осадок (соль), снова фильтруем. После растворения металла, начинаем приливать мелкими порциями раствор соли. Начинает интенсивно выпадать осадок. Подождем, пока осядет, приливаем еще чуть-чуть. Повторяем до тех пор, пока не прекратится выпадение осадка. Переборщить с солью — не бойся, лишнее останется в растворе. Далее рабочий раствор с осадком нагреваем до 90 град, (не кипятить!). И выдерживаем при такой температуре 10 минут. Тонкий осадок при этом укрупнится. Далее аккуратно сливаем раствор с осадка, приливаем воду, взбалтываем, отстаиваем, опять сливаем раствор, этот процесс называется декантация. Таким образом хорошо промываем осадок. Жидкость с осадком фильтруем через промокашку, полученный фильтрат есть хлорид серебра (AgCl), который используется в большинстве рецептов для серебрения. Но хранить его долго не получится. Это соединение весьма не устойчиво и довольно быстро разлагается до металлического серебра, особенно под действием света. Отсыпаешь хлорид серебра в количестве необходимом для серебрения (об этом ниже), а остаток ведь не выбрасывать же! Поэтому оставшийся реактив заливаем водой. Бросаем туда мелкие, но такие, чтобы можно было, потом заметить кусочки оцинкованной проволоки, по весу в 2 раза больше чем хлорида серебра. Туда же приливаем грамм 50 раствора поваренной соли. Нагреваем это дело до 80-90 град. и поддерживаем эту температуру. Весьма быстро хлорид серебра восстанавливается до металла. Греешь и помешиваешь до тех пор, пока весь осадок не станет серого цвета.

Удаляем кусочки проволоки. Далее опять декантируешь раствор. Последние порции промывки желательно дистиллят. Полученный осадок фильтруешь на промокашку. Фильтрат — чистое серебро. В отдельной посуде, опять разводишь концентрированную азотку с водой (желательно дистиллятом) в отношении 1:1. В посудину, где находится порошок серебра, мелкими дозами аккуратно приливаешь азотку до тех пор, пока не растворится весь металл (газы! вентиляция!). Полученный раствор выпариваем до сухого остатка. Это азотнокислое серебро ( $\text{AgNO}_3$ ). Храним его в темном месте в стеклянной посуде с притертой крышкой. Штука весьма едкая и может оставить язвы на руках, обращаться осторожно! В случае необходимости получить хлорид серебра — растворяем в воде, приливаем раствор соли и фильтруем (см.выше)

Теперь необходимо подготовить поверхность твоей детали. Сначала обезжириваем. Готовишь раствор. На 1 литр воды — жидкое стекло — 50гр., кальцинированная сода — 25гр., средство для мытья посуды — 25гр. Нагреваешь раствор до 70 град и опускаешь туда деталь. Время обработки — 20 мин. Руками не трогать! Там где схватишься, серебро слезет. Непосредственно перед серебрением — декаптируем поверхность (удаляем оксидную плёнку) — помещаем деталюшку в раствор азотки (1:1 — 15-20%) на 40-60 сек. и сразу в раствор для серебрения.

Ну что, начнем серебрить...

Для сравнения приведу краткое описание альтернативы, если кто-то хочет попробовать другой метод: серебрение химическим способом

20гр. хлористого серебра, 120гр. поваренной соли, 150гр. лимонной кислоты, вода -1л. Кипятишь раствор 15 мин. Затем помещаешь деталь на подвесах в ёмкость и кипятишь. Постепенно он покрывается слоем серебра. Недостаток способа — невозможно проконтролировать толщину покрытия и низкая механическая стойкость, короче — отстой. Я подобным способом баловался один раз, так для эксперимента, имхо, им можно пользоваться только для декоративных целей.

Рекомендую серебрить электрохимическим способом. Гораздо более стойкое и качественное покрытие.

Раствор: хлористое серебро — 20гр., желтая кровяная соль — 50гр., кальцинированная сода — 60гр., вода — 1л. Анод — графит, катод — деталь. Плотность тока — 0,1 А/кв.дм. Температура раствора — 20град. Время гальванизации подбирается индивидуально, постоянно контролируя процесс. Очень важно чтобы источник питания был стабилизированный и давал чистый постоянный ток. На выходные цепи желательно повесить большую емкость 60000-100000 мкФ. Пульсирующий ток испоганит поверхность.

После серебрения есть рекомендации пассивировать поверхность в 1% растворе хромпика с выдержкой 20 мин. Лично я это не делал по 2 причинам. Первое, пассивация — это нанесение оксидной пленки предотвращающее дальнейшее окисление, но ведь у нас теплообменный прибор и подобные пленки сильно ухудшают теплопроводность. Второе, хромпик то же надо где-то брать :).

## Миниатюрная безванновая гальваническая установка

В ремонтной практике можно использовать маленькую безванновую гальваническую установку (рис. 1) Она состоит из самодельной кисти со щетиной (диаметр кисти 20- 25 мм, корпус ее может быть выполнен из органического стекла или из пластиковой трубки, внутрь которой заливается электролит), регулируемого блока питания на напряжение 12 В и ток 0,8-1 А или аккумулятора и соединительного шнура.

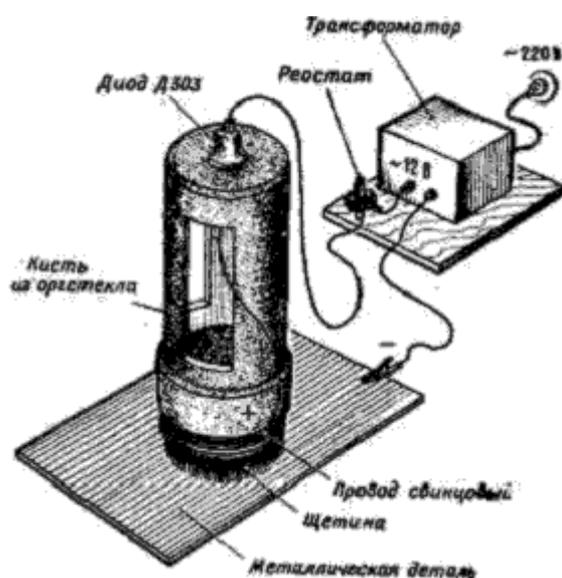


Рис. 1. Миниатюрная гальваническая установка

Щетину кисточки обматывают свинцовым или луженым медным проводом. Полупроводниковый диод типа Д303-Д305 устанавливают на корпусе кисти. Один из проводов вторичной обмотки трансформатора соединяют с анодом диода, другой с помощью зажима "крокодил" (-) с покрываемой деталью. Если у Вас выпрямитель постоянного тока, то – подключаем к детали а (+) к кисти. Катод диода соединяют с проводом обмотки кисти. Если применяется аккумулятор, диод не нужен. Покрываемые детали тщательно очищают от ржавчины, жира и грязи, протирают сухой тканью и обезжиривают в растворе, состоящим из 100- 150 г едкого натра, 40-50 г кальцинированной соды и 3-5 г жидкого стекла (силикатный клей) на 1 л объема. В зависимости от степени загрязнения изделия выдерживают в обезжиривающем растворе, нагретом до 80- 100° С, от 15 мин до 1 ч. Чем ровнее и тщательнее очищена поверхность, тем прочнее будет гальваническое покрытие. Приготовленную деталь соединяют с обмоткой трансформатора, в кисть заливается электролит и включается питание. Равномерно перемещая кисть в разные стороны по поверхности детали, покрывают ее металлом, осаждающимся из электролита. Для получения покрытия необходимой толщины необходимо пройти кистью по одному и тому же месту 20-35 раз. Электролит доливают в кисть по мере его убывания. После того как покрытие нанесено деталь промывают в проточной воде и полируют в смоченной воде тканью, затем еще раз тщательно промывают и сушат. Для каждого вида покрытия готовят специальный электролит, составленный по следующим рецептам (в граммах на 1 л раствора):

**Электролит для меднения:**

**Электролит**

#### для цинкования:

- Медный купорос - **200**
- Серная кислота - **50**
- Этиловый спирт - **1-2**

- Серноокислый цинк - **300**
- Серноокислый натрий - **70**
- Борная кислота - **30**

- Хлористый натрий - **20**

#### Электролит

##### для никелирования:

- Серноокислый никель - **70**
- Серноокислый натрий - **40**
- Борная кислота - **20**
- Хлористый натрий - **5**

#### Электролит

##### для хромирования:

- Хромовый ангидрид - **250**
- Серная кислота уд. вес **1,84** - **2,5**

#### Электролит

##### для серебрения:

- Хлористое серебро свежесажненное - **3-15**
- Железосинеродистый калий - **6-30**
- Сода кальцинированная - **20-25**

#### Электролит

##### для золочения:

- Хлорное золото - **265**
- Железосинеродистый калий - **15-50**
- Сода кальцинированная - **20-25**

третье и т. д., а затем доливают воду до 1 л объема.

В 200-300 мл дистиллированной воды растворяют первое по порядку вещество, потом второе, Необходимо обязательно иметь в виду, что, хоть растворы и не содержат сильно ядовитых компонентов, обращаться с ними во избежание ожогов и отравления следует с осторожностью. Применять элементарные средства защиты очки и перчатки. Растворы лучше всего хранить в темной стеклянной посуде с хорошо закрывающуюся крышкой. Необходимо учитывать, что не все покрытия хорошо ложатся на определенные металлы. Например, для того чтобы покрыть никелевым покрытием стальную деталь, ее предварительно покрывают тонким слоем меди, хромовые покрытия хорошо сцепляются с никелированной поверхностью. Подслой меди перед серебрением или никелированием желательно осадить и на деталях, сделанных из бронзы. Медные и латунные детали серебрят без подслоя меди.

## Гальваника в домашних условиях



### Создание гальванических покрытий в домашних условиях

Гальванические декоративно-защитные либо технологические покрытия на металлических изделиях представляют собой тонкий поверхностный слой другого металла, обладающего более лучшими технологическими или антикоррозионными свойствами и хорошим эстетическим видом (например, никель, хром, серебро, цинк).

При подготовке к выполнению гальванических работ мастер-любитель должен иметь мощный заземленный источник питания постоянным током с плавной регулировкой

выходной мощности с максимальным током 20 А. Это может быть выпрямитель заводского производства либо простой, но мощный выпрямитель самостоятельного изготовления.

Одним из самых важных условий получения качественного гальванического покрытия является предварительная подготовка пескоструйка, шлифовка, обезжиривание и изделия.

Шлифовку осуществляют механическим способом с помощью карцовочной щетки, шлифовочных паст и наждачных шкур.

Обезжиривание подготавливаемых деталей производят в органических растворителях: спирте, бензине, ацетоне, бензоле, трихлорэтилене. Подготавливаемую деталь тщательно промывают в растворителях, обращая внимание на труднодоступные места к которым сложно подобраться. Показатель качественного обезжиривания — хорошее смачивание водой поверхности детали.

Изделия из чугуна и стали очень хорошо обезжириваются с помощью указанных растворов:

Едкий натр..... 10—20 г  
Кальцинированная сода... 50 г  
Жидкое стекло ..... 5—15 г  
Вода..... 1000 г

или

Едкий натр .....50 г  
Кальцинированная сода.....30 г  
Фосфорнокислый натрий.....30 г  
Жидкое стекло .....5 г  
Вода..... 1000 г

Температура для растворов при обработки детали должна быть 60÷90 град. С. Работы нужно выполнять в защитных перчатках и фартуке, не допускать, чтобы капли раствора попадали на кожу и в глаза.

**Для изделий из цветных металлов существуют следующие растворы:**

Фосфорнокислый натрий... 10—20 г  
Хозяйственное мыло..... 10—20 г  
Вода..... 1000 г

или

Едкий натр .....10 г  
Фосфорнокислый натрий..... 50—60  
Вода..... 1000 г

Рабочая температура первого раствора — 90град. С, а второго — 60град. С.

**Декапирование** — процесс снятия окисной пленки с поверхности металлической детали перед гальванической обработкой. В домашней мастерской можно применять такие декапирующие растворы:

Концентрированная серная кислота.... 70—80  
Хромпик ..... 2—3  
Вода..... 100

или

Соляная или серная кислота.....5  
Вода..... 100

Количество компонентов указано в массовых частях. Время обработки деталей первым раствором составляет 20 с, а вторым - 60 с.

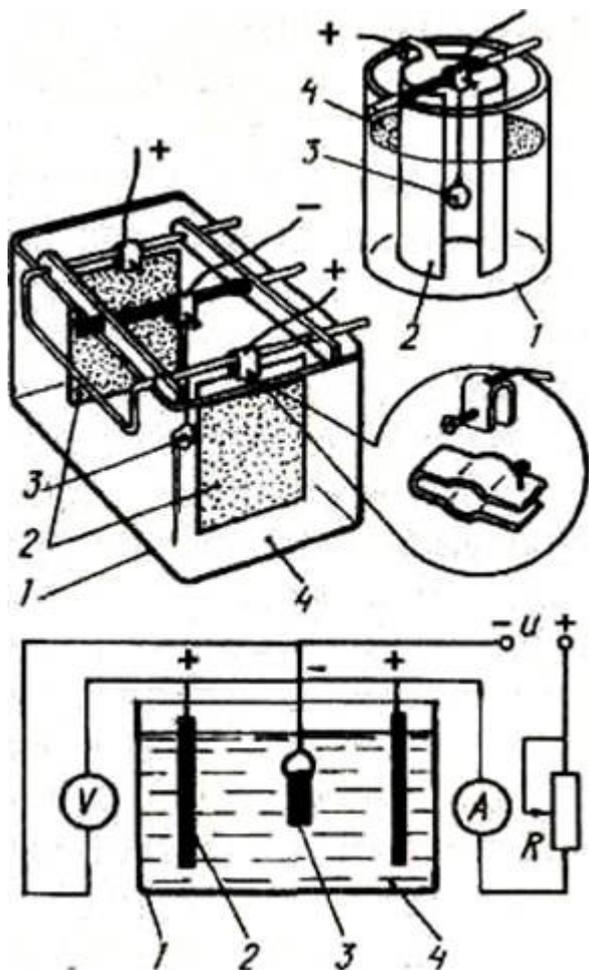


Рис. :Схема и оборудование для получения гальванических покрытий  
1- емкость из химически нейтрального материала, например, стекла; 2- аноды;  
3- обрабатываемая деталь (катод); 4- электролит

Теперь рассмотрим технологию создания гальванических покрытий.

**Никелирование** применяют для получения декоративных покрытий, и для формирования промежуточных слоев при многослойных покрытиях (например, при хромировании). Никелевые покрытия отличаются красивым внешним видом, стойкостью к атмосферным воздействиям, не вызывают трудностей при нанесении на металлические детали.

**Оборудование для никелирования**(а также и для всех других покрытий) показано на рисунках.

Никелируют в слабокислом электролите, с следующим составом:

Сернокислый никель 140 г  
Сернокислый натрий 50 г  
Сернокислый магний 30 г  
Хлористый натрий (чистая поваренная соль) 5 г

Борная кислота 20 г  
Вода 1000 г

Температура электролита –  $18 \div 25^\circ\text{C}$ , плотность тока –  $0,8 \div 1,2 \text{ А/дм}^2$ .

Если у Вас отсутствует серноокислый магний и натрий количество серноокислого никеля в электролите увеличивают до 250 г, хлористый натрий – до 25 г, борной кислоты – до 30 г, при этом никелирование необходимо вести при температуре электролита  $50 \div 60^\circ\text{C}$  и плотности тока  $3 \div 5 \text{ А/дм}^2$ .

Химикаты, входящие в электролит, растворяют в воде по отдельности, растворы тщательно фильтруют, потом смешивают. Качество покрытия зависит от кислотности электролита (рН). Для нашего случая – рН  $4 \div 5$ . При такой кислотности лакмусовая бумага окрашивается в красный цвет. Если кислотность электролита выше, в него добавляют в небольших количествах водный раствор аммиака.

Неполадки в никелировании вызывают, уменьшение плотности тока, которое приводит к образованию серого осадка, а увеличение плотности тока – к появлению хрупкого неоднородного слоя никеля. При использовании электролита с рН выше 6 на покрытии возникают белые пятна, а меньше 4 – покрытие получается неоднородным.

Слой никеля толщиной 1 мкм при плотности тока  $0,15 \text{ А/дм}^2$  оседает за 20 мин, а при  $0,1 \text{ А/дм}^2$  – за 30 мин.

После того как процесс никелирования закончен изделие промывают в воде, высушивают и тщательно полируют на войлочном круге с использованием полирующих паст.

Хромирование металлических деталей применяют для повышения твердости(функциональности) и антикоррозионной стойкости, получения отражающих поверхностей, декоративного эффекта.

Хочу отметить, что хромовые покрытия пористые, поэтому под ними, на поверхности черных металлов следует использовать промежуточный слой меди либо никеля, если этим пренебречь то под слоем хрома будут происходить коррозионные процессы.

Во избежание этого применяют многослойные гальванические покрытия, например медь-никель-хром или никель-медь-никель-хром.

Качество хромовых покрытий зависит от концентрации электролита, плотности тока и температуры электролита. С помощью регулирования температуры электролита можно получать различные оттенки покрытий: при температуре  $35 \div 55^\circ\text{C}$  покрытие блестящее; при  $55 \div 80^\circ\text{C}$  – молочное; при температуре ниже  $35^\circ\text{C}$  – матовое.

Что касается анодов, обеспечивающих, как свидетельствует практика, самые стабильные процессы хромирования, то можно рекомендовать их изготовление из следующего сплава: свинец –  $81 \div 86 \%$ , олово –  $10 \div 15 \%$ , сурьма –  $4 \%$ . Однако не всегда удастся найти такие аноды, в таком случае можно воспользоваться полностью свинцовыми анодами или анодами из сплава  $93 \%$  свинца и  $7 \%$  сурьмы.

В зависимости от состава электролита возможно получать довольно широкую гамму покрытий, разных по цвету и физическим параметрам.

Декоративное хромовое покрытие получается при использовании электролита следующего состава, электролит состоит из; 350 массовых частей (м.ч.) хромового ангидрида, 3,5 м.ч. серной кислоты и 100 м.ч. воды. Температура электролита при хромировании должна быть  $35 \div 40$ град. С, а плотность тока –  $10 \div 15 \text{ А/дм}^2$ .

Износостойкое хромовое покрытие применяется для обработки деталей двигателей, редукторов, гидравлики и прочих механизмов. Его получают используя электролит следующего состава: 150 м.ч. хромового ангидрида, 1,5 м.ч. серной кислоты и 100 м.ч. воды. Температура электролита  $50 \div 55^\circ\text{C}$ , плотность тока  $45 \div 100 \text{ А/дм}^2$ .

Темно-голубое декоративно-защитное покрытие получается, используя электролит такого состава: 350 м.ч. хромового ангидрида, 3,5 м.ч. серной кислоты, 1 м.ч. желтой кровяной соли и 100 м.ч. воды. Температура электролита  $25 \div 30^{\circ}\text{C}$ , плотность тока  $5 \div 10 \text{ A/дм}^2$ .

Агатовое, темно-синее декоративно-защитное покрытие получается если применять электролит, состоящий из 40 м.ч. хромового ангидрида, 10 м.ч. уксуснокислого бария и 100 м.ч. воды. Температурный режим электролита  $15^{\circ}\text{C}$ , плотность тока  $25 \text{ A/дм}^2$ .

Черное декоративно-защитное покрытие получается если использовать электролит следующего состава: 250 м.ч. хромового ангидрида, 8 м.ч. уксуснокислого кальция и 100 м.ч. воды. Температурный режим электролита  $25 \div 30^{\circ}\text{C}$ , плотность тока до  $100 \text{ A/дм}^2$ .

Мягкое декоративное покрытие получается при обработке в электролите следующего состава: состоящем из 250 м.ч. хромового ангидрида,  $7 \div 10$  м.ч. сернокислого хрома, 3 м.ч. борно-фтористоводородной кислоты, 100 м.ч. воды, однако можно применять и другой состав: 250 м.ч. хромового ангидрида, 3,5 м.ч. фтористого натрия и 100 м.ч. воды. Для обоих электролитов плотность тока составляет  $4 \div 5 \text{ A/дм}^2$ , а температура  $18 \div 20^{\circ}\text{C}$ .

Электролиты нельзя долго хранить, поскольку при этом теряются первоначальные качества.

Чугунные и стальные изделия перед обработкой подогревают до рабочей температуры электролита, медные и латунные – предварительно прогревают в горячей воде, а затем под напряжением погружают в гальваническую ванну.

Алюминий и его сплавы перед хромированием покрывают прочной пленкой другого металла. Для этого нужно изделие, поверхность которого приготовлена для хромирования, погрузить в раствор такого состава:

хлорное железо –  $25 \div 35$  г, концентрированная соляная кислота –  $15 \div 20$  г, вода – 1000 г.

Деталь выдерживают в этом растворе  $1 \div 2$  мин, затем промывают водой и тут же приступают к хромированию.

Так же можно еще воспользоваться другим раствором: сернокислый цинк – 200 г, едкий натр – 200 г, вода – 1000 г. В таком растворе алюминиевую деталь необходимо выдержать  $2 \div 3$  мин, после этого промыть водой. В таком случае на поверхности изделия образуется тонкий промежуточный слой цинка, который обеспечит хорошее сцепление хромового покрытия с деталью.

Иногда нужно обновить хромовое покрытие на изделии. Для этого изделие нужно погрузить в электролит и на протяжении 30 с пропускать ток обратного направления. При этом поверхность старого хромового покрытия слегка растворяется и будущее хромовое покрытие надежно сцепляется со старым. При нанесении хромовых покрытий плотность тока доводят до рассчитанной на протяжении  $3 \div 5$  мин.

После того как гальванический процесс завершен, изделие вынимают из электролита, промывают в теплой воде, потом нейтрализуют в 3 %-ном растворе пищевой соды, после этого снова промывают в горячей воде и сушат. Если же нанесено твердое износостойкое покрытие, то изделие необходимо обязательно прокипятить в течение  $1 \div 1,5$  ч в большом объеме дистиллированной воды, в завершении его помещают на  $2 \div 4$  часа в сушильный шкаф с температурой  $110 \div 130^{\circ}\text{C}$ .

При окончании хромирования обязательно проводят механическое полирование с использованием полировальных паст.

Цинкование, как правило, применяется для создания защитных антикоррозионных или декоративных покрытий на поверхности черных металлов. Цинк сильно сцепляется с поверхностью других металлов, а с течением времени на цинковых покрытиях образуется

тонкая пленка окислов, обладающая хорошими защитными свойствами.

Для гальванического цинкования применяется электролит такого состава: серноокислый цинк – 200 г, серноокислый аммоний – 50 г, уксуснокислый натрий – 15 г, вода – 1000 г. Рабочая температура электролита –  $18 \div 25^\circ\text{C}$ , плотность тока – 1,5 А/дм<sup>2</sup>.

### **Цинкатиrowание**

Широкое распространение получило цинкатиrowание. Для цинкатиrowания используют электролит такого состава: окись цинка –  $4 \div 5$  г, едкий калий –  $85 \div 100$  г, хлористое олово или хлорное олово –  $0,15 \div 0,25$  г, перекись водорода – 2 г, вода – 1000 г. Рабочая температура электролита –  $50^\circ\text{C}$ , плотность тока – 0,5 А/дм<sup>2</sup>.

**Электролиты для цинкатиrowания** приготавливаются в такой последовательности: сначала растворяется в воде едкий калий, используя 1/10 объема всей воды, нагревается раствор до температуры  $90 \div 100^\circ\text{C}$  и растворяют в нем окись цинка. Раствор разводится горячей водой до половины объема ванны и тщательно перемешивается. Соль цинка, которая при этом образуется, долго отстаивают, а потом аккуратно сливают в рабочую ванну. Хлористое или хлорное олово растворяют в воде отдельно и вливают в электролит уже в процессе гальванической обработки.

После обработки оцинкованному изделию в декоративных целях можно придать блеск. Для этого изделие опускают на  $2 \div 3$  с в раствор такого состава: хромпик –  $100 \div 150$  г, серная кислота –  $3 \div 4$  г, вода – 1000 г. Можно также для этих целей воспользоваться  $2 \div 3$  %-ным раствором азотной кислоты.

После обработки изделие тщательно промывается водой.

**Меднение металлических деталей** производят в защитных целях и перед хромированием, а так же для создания на поверхности металла токопроводящего слоя с минимальным сопротивлением. Для качественного покрытия черных металлов слоем меди применяют цианистые электролиты, работа с которыми в домашних условиях недопустима. Поэтому стальные и чугунные детали сначала никелируют гальваническим способом, а уж затем на никель осаждают медь. При меднении никелированных изделий можно применить электролит такого состава: сернокислая медь (медный купорос) – 200 г, концентрированная серная кислота –  $30 - 50$  г, вода – 1000 г. Рабочая температура электролита –  $18 - 25^\circ\text{C}$ , плотность тока –  $1 - 2$  А/дм<sup>2</sup>.

При покрытии алюминиевых изделий слоем меди так же необходимо провести предварительную подготовку. После декапирования алюминиевое изделие окисляют в течение  $10 - 15$  мин в электролите такого состава: концентрированная серная кислота – 109 г, вода – 1000 г, при температуре  $18 - 25^\circ\text{C}$  и плотности тока 1 А/дм<sup>2</sup>. Затем изделие травят в водном растворе соды (30 г на 1000 г воды) на протяжении  $3 - 4$  мин при температуре  $50 - 55^\circ\text{C}$ . После травления деталь тщательно промывают водой и погружают в гальваническую ванну с электролитом следующего состава: медный купорос – 188 г, серная кислота – 49 г, вода – 1000 г. Рабочая температура электролита –  $15 - 20^\circ\text{C}$ , плотность тока – 1 А/дм<sup>2</sup>. Как анод используют медную пластину.

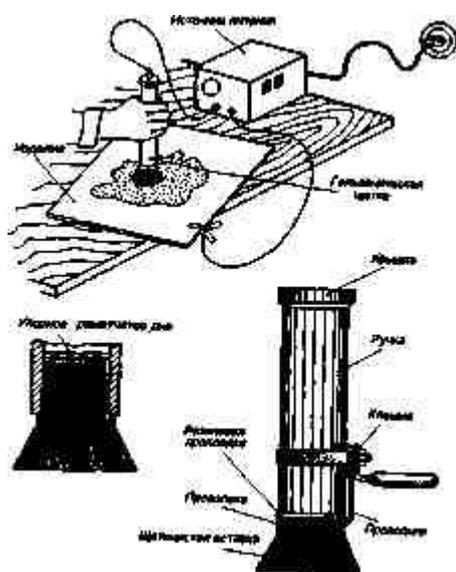
**Латунное гальваническое покрытие** является чем-то промежуточным между меднением и цинкованием. Для электролита используются реактивы, применяемые как при меднении, так и при цинковании: сернокислая медь (медный купорос) – 5 г, серноокислый цинк – 8,5 г, щавелевая кислота – 30 г, концентрированная кислота – 20 г, желатин – 0,2 г, вода – 1000 г. Рабочая температура электролита –  $18 - 25^\circ\text{C}$ , плотность тока –  $2 - 3$  А/дм<sup>2</sup>.

**Гальваническое серебрение** применяется при создании на поверхности металлов декоративных защитных и электропроводящих слоев. Посеребрённые изделия имеют также хорошую отражающую способность.

При серебрении деталей из черных металлов первоначально путем гальванического никелирования создают промежуточный слой никеля, на который осаждают серебро. Электролит для гальванического серебрения состоит из следующих компонентов: хлористое серебро — 10—15 г, желтая кровяная соль (железотиоцианат калия) — 15—35 г, кальцинированная сода — 15—35 г, вода (желательно дистиллированная) — 1000 г. Температура работы электролита — 18—20 град. С, плотность тока — 0,1 А/дм<sup>2</sup>. Как анод используются графитовые пластины. Каждый компонент входящий в состав электролита растворяют отдельно в кипящей воде. Хлористое серебро растворяют в темном месте. Растворы желтой кровяной соли и кальцинированной соды вливают в раствор хлористого серебра и кипятят вместе в течение 1,5—2 ч, после чего все фильтруют. Готовый электролит имеет светло-желтый оттенок и не включает в себя осадок.

Нанесение гальванических покрытий методом натирания позволяет обойтись без гальванических процессов, особенно ценен при обработке деталей, имеющих большие размеры.

Для реализации данного метода мастеру-любителю необходимо изготовить небольшое устройство. Необходимо иметь понижающий трансформатор с



**Рис. Приспособление для нанесения гальванических покрытий методом натирания**

выходным напряжением 5—15 В (желательно с плавной регулировкой) и током до 2х А, диодный мост (могут использоваться диоды Д303—Д305), щетку диаметром 20—30мм, соединительные провода.

Гальваническая щетка универсальный инструмент для создания гальванических покрытий из любых металлов. Ручка гальванической щетки изготавливается с применением диэлектрических материалов. Можно использовать отрезок пластиковой трубы подходящего диаметра. Сверху ручка должна плотно закрываться пластмассовой крышкой, а снизу — вставкой из щетины или любого синтетического ворса. Вставка должна упираться в решетчатое дно, находящееся на 20 мм выше нижнего среза пластмассовой трубки.

Щетинистую вставку сильно обматывают металлической проволокой что бы получилось наподобие толстой кисти. Эта проволока исполняет функцию анода. Для цинкования, хромирования, никелирования, серебрения и золочения используется проволока из нержавеющей стали, но при никелировании под нее подкладывают еще изогнутую пластинку из никеля, а при хромировании — из свинца. При меднении используют обычную медную проволоку. В домашней мастерской необходимо иметь несколько щетинистых вставок различного диаметра, использующихся для покрытия различными металлами. Проволока на вставке подсоединяется с помощью соединительных проводов к положительному гнезду источника питания.

Пучок щетины диаметром в полтора два раза больший, чем диаметр пластиковой ручки,

перевязывают капроновой нитью. Поверх нее наматывают соответствующую проволоку, пока не образуется пояс, в который будет упираться трубчатая ручка. Между ручкой и пояском закладывают резиновую прокладку в виде полоски толщиной 1—1,5 мм и соответствующей длины. При изготовлении вставки можно использовать щетину малярной кисти. Если в кисти щетина соединена эпоксидным клеем у основания, то эту часть придется отрезать, так как слой клея станет препятствовать проникновению электролита в рабочую зону. Длина щетины должна составлять 45—60 мм, из которых 20 мм станет заходить внутрь ручки, 10 мм скроются под проволоочной обмоткой, 15—20 мм составят свободный конец. В случае необходимости торец щетки стачивают на наждачном круге до получения ровной поверхности.

Для работы в ручку заливается электролит, вставка соединяется с положительной клеммой +, а обрабатываемое изделие — с отрицательной клеммой источника питания---. Инструмент равномерно передвигают по поверхности изделия, не отрывая от него. Периодически в ручку доливают электролит (не допускается полное опорожнение ручки). Для получения хорошего покрытия на определенном участке поверхности изделия необходимо сделать 15—30 проходов гальванической щетки.

Так же можно воспользоваться и более простым в изготовлении приспособлением. Для этого медную, свинцовую, цинковую, никелевую или из нержавеющей стали пластинку, в зависимости от необходимого вида покрытия, соединяют проводом с положительной клеммой источника питания, затем оборачивают ее фланелевой тканью слоем в 4—5 мм, фланель смачивают электролитом и натирают обезжиренный и декапированный предмет, к которому подсоединяют отрицательный вывод источника питания. Пластинку во фланели необходимо гораздо чаще смачивать в электролите. Работать надо, в очках и в защитных резиновых перчатках.

Электролиты для гальванических покрытий методом натирания могут быть те же, что и при классической гальванической обработке, но все же лучше использовать следующие составы:

### **Меднение**

Медный купорос.....200 г  
Концентрированная  
серная кислота .....50 г  
Этиловый  
спирт или фенол.....1—2 г  
Вода.....1000 г

### **Хромирование**

Хромовый ангидрид .....250 г  
Концентрированная  
серная кислота..... 2,5 г  
Вода..... 1000 г

### **Никелирование**

Сернокислый никель.....70 г  
Сернокислый натрий.....40 г  
Борная кислота .....20 г  
Хлористый натрий.....5 г  
Вода..... 1000г

### **Цинкование**

Сернокислый цинк..... 300 г  
Сернокислый натрий .....70 г  
Борная кислота..... 20 г  
Вода..... 1000 г

### **Серебрение**

Хлористое серебро (свежеосажденное)..... 10—15 г

Желтая кровяная соль..... 15—30 г  
Кальцинированная сода..... 15—30 г  
Вода ..... 1000 г

После нанесения покрытия изделие тщательно промывают водой, сушат и полируют с применением полировочных паст.

## Материалы анодов применяемые в гальванотехнике

### АНОДЫ

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

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

Хромирование..... Свинцовые (ГОСТ 3778—77);  
из сплавов свинец — сурьма (ГОСТ 1292—81)

Цинкование ..... Цинковые ЦО, Ц1, Ц2 (ГОСТ  
1180—71)

Кадмирование ..... Кадмиевые (ГОСТ 1468—71)

Лужение..... Оловянные (ГОСТ 860—75)

Осаждение сплавов: олово — висмут ... Оловянные олово — никель .... Сплав олово —  
никель (70 \*) олово — свинец ... » олово — свинец (60)  
олово — цинк ..... » олово — цинк (80)

Серебрение..... Серебряные Ср999,9 (ГОСТ  
51214—74)

Осаждение сплава

серебро — сурьма..... То же

Золочение ..... Золотые Зл999,9 (ГОСТ 6837—54)

Из стали 12Х18Н9Т (ГОСТ 5632—72) и платинированного титана

Палладиование..... Палладиевые, из платинированного титана

Оксидирование алюминия Из стали 12Х! Н9Т и свинца

Электрополирование:

алюминия ..... Из стали 12Х18Н9Т и алюминия

стали ..... Из стали 12Х18Н9Т и свинца

Электрохимическое обезжиривание ..... Никелевые НПА1, НПА2

Железные ..... Из низкоуглеродистой стали

Родирование..... Родиевые из платинированного титана и графита спектральной чистоты

• В скобках указывается процентное содержание первого металла в сплаве.

## Химикаты применяемые в гальванике

### ХИМИКАТЫ

В гальванотехнике применяется большое количество различных химикатов (кислоты, щелочи, окислы, соли, органические соединения). Для обезжиривания используются органические растворители (трихлорэтилен, четыреххлористый углерод и др.), щелочи, углекислый натрий, тринатрийфосфат, смачивающие добавки (синтанол ДС-10, жидкое стекло), моющие вещества (ТМС-31 и др.); для травления — серная, азотная, соляная и другие кислоты, различные ингибиторы; для нанесения покрытий — соли или окислы того металла, которым покрывается изделие (серноокислый никель, окись хрома, двухлористое олово и др.). Для повышения электропроводности электролитов в них добавляют нейтральные хорошо растворимые соли, например серноокислый натрий, серноокислый магний. Для регулировки pH добавляются соли, кислоты, щелочи в зависимости от применяемого электролита. Некоторые соединения вводятся в ванну для образования комплексов (цианистый калий или натрий, железистосинеродистый калий и др.) и повышения качества осадка. Для уменьшения внутренних напряжений, улучшения структуры осадка, придания блеска и т. д. применяются самые различные органические добавки (1,4-бутиндиол, хлор-мин Б, нафталинсульфоокислота и др.). Различные химикаты используются для окончательной обработки покрытий: пассивирования, пропитки и т. д. (Список химикатов, применяемых в гальванотехнике, приведен в приложении).

### ОРГАНИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ

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

Растворитель	Назначения
Четыреххлористый углерод	Для обезжиривания
Стабилизированный технический трихлорэтилен (ГОСТ 9976—70)	Для обезжиривания в закрытых моечных установках
Четыреххлористый углерод	То же
Трифтортрихлорэтан (фреон-113) ТУ6-02-6011—70	,
Керосин (ГОСТ 4753—68)	Для предварительного удаления масел и смазок
Авиационный бензин Б-70 (ГОСТ 1012—72)	Для чистового обезжиривания
Бензин-растворитель «Кало-ша» (ГОСТ 443—76)	То же
Ректифицированный этиловый	,

спирт (ГОСТ 5962—67)	Для растворения лаков и красок
Бензии-растворитель уайт-спирит (ГОСТ 3134—78)	,
Технический ацетон (ГОСТ 2603—79)	,
Разбавитель 645 (ГОСТ 18188—72)	То же
Растворитель 646(ГОСТ 18188—72)	,
Растворитель Р-4(ГОСТ 7827—74)	Для разбавления лаков и эмалей
Ксилол (ГОСТ 9410—78)	,
Скипидар (ГОСТ 1571-82)	,
Каменноугольный сольве! (ГОСТ 1928—79)	То же

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

## **Подготовка поверхности перед нанесением гальванического покрытия**

### **Требования к деталям поступающим на покрытия**

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

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

### **Механическая обработка поверхности**

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

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

**Полирование.** Его используют как для придания красивого внешнего вида шлифованным деталям, так и для глянцевого химического покрытия. При шлифовально-полировальной обработке применяются пасты (см. табл. 8), состав которых подбирается с учетом свойств обрабатываемого металла, назначения, операции и шероховатости поверхности.

Шлифовать и полировать детали можно в барабанах с абразивом и наполнителями в сухом виде (сухое галтование) либо в жидкой среде (подводное галтование). Шлифовую среду подбирают в

зависимости от вида материала и класса шероховатости.

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

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

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

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

## ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

**Обезжиривание в органических растворителях.** В настоящее время широко применяются негорючие растворители —• трихлорэтилен, тетрачлорэтнлен и другие хлорированные углеводороды—фреон-113, фреон-30. Однако трихлорэтилен не рекомендуется применять для деталей из титана, алюминиевых сплавов, медных сплавов и с серебряными покрытиями. Тетрахлорэтилен не рекомендуется применять для деталей из титановых сплавов. Не допускается обезжиривание деталей, смоченных водой. Обезжиривание происходит в специальных закрытых аппаратах сначала в нагретом растворителе, а затем в паровой фазе.

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

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

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

## Барaban для нанесения гальванических покрытий



В табл. 4 приведены характеристики барабанов и их загрузки. Данные для барабанов частичного погружения и перекидных (кроме размеров самих ванн) могут быть использованы и для барабанов полного погружения.

Таблица 4. Характеристика гальванических барабанов для покрытия

Таблица 4. Характеристика барабанов для покрытия

Параметры	Барабан частичного погружения (на 1/3 диаметра)		Перекидной барабан	Барабан полного погружения	
	Шести-гранный	Круглый		Двух-мерный	Трех-мерный
Ванна:					
длина, мм	550	550	900	970	1300
ширина, мм	600	600	800	550	620
глубина, мм	700	700	800	800	800
Объем электролита, л	150	150	400	250	550
Барабан:					
диаметр, мм	230	300	500	270	360
длина, мм	450	450	600	730	1000
форма	Шести-гранный	Круглый	—	Шести-гранный	
Объем деталей в загрузке, л	5	9	25	20	50
Масса загрузки деталей, кг	12	20	40	30	60
Частота вращения, об/мин	10—15	10—15	8—10	8—15	5—10
Мощность мотора, кВт	0,15	0,15	0,5	0,15	0,25
Сила тока, А	30—40	50—75	100—150	80—200	100—250
Напряжение, В	6—10	10—12	10—12	8—12	8—12

### Устройства для загрузки и вращения гальванического барабана.

Наиболее удобен переносной барабан, цапфы которого вращаются в отверстиях вертикальных стоек П-образной рамы, имеющей на верхней перекладине кольца (рамы), за которые его берет своими крюками тельфер при подъеме, опускании и переносе. Рама имеет опоры, которыми она при опускании барабана в ванну ложится в ловители, установленные на бортах ванны, или прямо на две соседние катодные штанги (анодная штанга между ними снимается). Опоры и ловители выполнены из металла и служат для подвода к барабану электрического тока. Барабан после окончания процесса покрытия поднимается из ванны покрытия, пере-1 носится в промывочную ванну, затем разгружается на сито и загружается следующей партией деталей.

Вращение барабан получает от мотора и редуктора, расположенных либо вне ванны, либо на раме. В первом случае при опускании барабана в ловители шестерня его привода, вынесенная за пределы рамы, ложится на установленную снаружи ванны шестерню, верхние зубцы которой несколько выступают над краем ванны. Шестерня вращается с помощью редуктора. Когда мотор и редуктор устанавливаются непосредственно на раме, барабан может быть опущен в любую стационарную ванну (конечно, если она одновременно

не занята подвесочными приспособлениями, требующими более низкого напряжения). Если мотор на барабане\* постоянного тока рассчитан на 12 В, то он может питаться от шин ванны через опоры рамы. В качестве мотора можно применить небольшой автомобильный генератор. Никаких переделок он не потребует, следует только учесть, что амперметр на щите ванны покажет сумму токов электролиза и мотора. Мотор переменного тока нужно питать по гибкому проводу от штепсель-ной розетки, установленной в удобном месте вблизи ванны, желательна также и около промывочной ванны для вращения барабана при промывке.

В обоих случаях сцепная шестерня или мотор с редуктором находятся на раме выше барабана, следовательно, нужна еще какая-то передача от них непосредственно к барабану, которая может служить и для дальнейшего снижения частоты вращения в дополнение к редуктору. Еще совсем недавно за рубежом для при-вода барабанов очень широко применялись клиновидные ремни, одетые на пластмассовые клиновидные шкивы, прикрепленные к торцовым доньям барабана.

Следует предостеречь от применения обычных плоских рем-ней — кожаных или резиновых. От постоянного смачивания электролитом они скоро начинают проскальзывать и нуждаются в перешивке. Такой привод отличается надежностью и долговечностью в работе (рис. 22). Однако в последнее время начали возвращаться к старой системе передачи от сцепной шестерни или редуктора к шестерне на торце

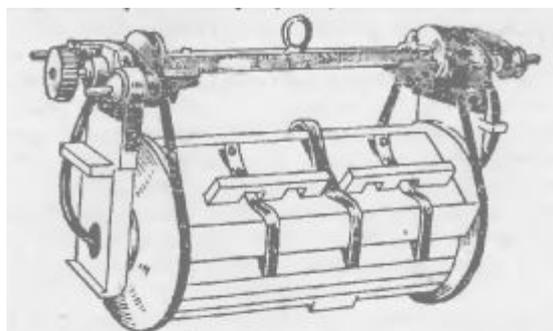


Рис. 22. Барабан с приводом клиновидным ремнем



Рис. 23. Барабан с шестереночным приводом

**Рис. 22. Барабан с приводом клиновидным ремнем**

**Рис. 23. Барабан с шестереночным приводом**

барабана через посредство нескольких, установленных на стойке рамы, передаточных шестерен. Все шестерни пластмассовые. Вызвано это, вероятно, затруднениями при надевании клиновидного ремня на барабан без снятия его с подшипников (рис. 23).

**Катодные контакты барабанов.** Применявшиеся ранее катодные контакты в виде медных полос, расположенных вдоль углов между гранями барабана, или) в виде дисков на торцовых доньях, обладают теми же недостатками, что и донные контакты колоколов. Торцовые диски, особенно в длинных барабанах, кроме того, создают очень большое падение напряжения! в слое деталей. Плавающие контакты, свисающие на проволоках или цепочках с неподвижной оси, на которой вращается барабан, не удобны конструктивно и

непрочны. В современных конструкциях плавающие контакты выполняются точно так же, как и в колоколах. Гибкие провода, подводящие катодный ток к -1 контактными цилиндрами, пропускают через полые цапфы барабана вращающиеся в сквозных отверстиях вертикальных пластмассовых (винипластовых, текстолитовых и т. п.) брусков рамы барабана. Провод должен входить в полость цапфы с очень большим зазором, чтобы цапфа при своем вращении не увлекала за собой провод и не закручивала его. В противном случае возможны обрывы провода. У места входа провода в наружное отверстие цапфы провод должен лежать, свободной петлей.

Такая конструкция имеет одно неудобство. При нормальной загрузке барабана (на одну треть его диаметра по высоте) барабан работает вполне удовлетворительно, но если почему-либо барабан окажется загруженным до оси или выше, то мелкие детали могут высыпаться из барабана через большой (не менее 10 мм) зазор между проводом и внутренним, со стороны барабана, отверстием цапфы.

Гораздо удобнее более современная конструкция, в которой барабан своими отверстиями в торцовых пластмассовых стенках вращается на пустотелых полу-осях, неподвижно закрепленных в боковых вертикальных брусках рамы. В этом случае внутреннее отверстие полуоси может быть закрыто заглушкой, через отверстие в которой контактный провод, также неподвижный, можно пропустить так плотно, чтобы через зазор не могла проскочить самая маленькая деталь. Опасность закручивания провода в этой конструкции исключена, поэтому не нужна и петля при входе его в наружное отверстие полуоси. Полуось может быть выполнена легко вынимающейся из бруска рамы, но с каким-либо стопорным устройством, проще всего, с наружным фланцем и двумя крепящими его болтами.

В обеих конструкциях полуоси или цапфы удобно делать из винипластовой трубы с наружным диаметром 25—50 мм и толщиной стенки 3—5 мм (проверить расчетом на прочность). О трении в таком упрощенном «подшипнике» можно не беспокоиться. Провода с контактными цилиндрами заводят по одному с каждого торца барабана. Расстояние между контактными цилиндрами внутри барабана следует брать от одной трети до половины длины барабана для более равномерного распределения тока по массе деталей.

Независимо от конструкции цапф барабана и от положения плавающих контактов (на поверхности детали или под ней) провода, подводимые к контактам, должны быть гибкими.

**Аноды для барабанов.** В ванны с барабанами обычно навешивают такие же аноды, как и в стационарные ванны. Завешивают их с обеих сторон барабана в плоскости, параллельной оси барабана. Нижний конец анода вряд ли стоит опускать в ванну глубже чем на 100 мм ниже нижней образующей барабана. При полностью погруженном барабане участок анода от уровня верхней образующей барабана до зеркала электролита, равный 100 мм, тоже можно считать работающим. Следовательно, рабочая длина анодов будет на 2 дм больше диаметра барабана, а их максимальная рабочая поверхность, которую можно повесить с обеих сторон барабана, не превысит удвоенной длины барабана, умноженной на рабочую длину анода.

Для того чтобы плотность тока на анодах составляла 0,5 А/дм<sup>2</sup>, как это принято в большинстве стационарных ванн, площадь их поверхности (дм<sup>2</sup>) должна быть численно вдвое больше силы тока (А), допустимой для барабана данной величины. Однако сопоставление размеров и силы тока, приведенных в табл. 4 для разных барабанов, показывает, что места хватает только для 1/3—1/4 нужной площади анодов и, следовательно, плотность тока на них будет в 3—4 раза выше, чем в стационарной ванне. Например, для перекидного барабана диаметром 5 дм и длиной 6 дм площадь поверхности анодов, висящих с обеих его сторон, будет 84 дм<sup>2</sup> и при токе 150 А анодная плотность тока будет  $150 : 84 = 1,8$  А/дм<sup>2</sup>, т. е. в 3,6 раза больше, чем в стационарной ванне. Такая высокая анодная плотность тока вызывает потребность в повышенном напряжении на ванне, а следовательно, возможность пассивирования анодов.

До некоторой степени может помочь применение активированных (депассивированных) анодов, допускающих использование повышенной плотности тока и анодов с развитой поверхностью, например цилиндрических, или анодных корзин (подробнее см. в гл. 3). Аноды должны быть навешены вплотную друг к другу и регулярно заменяться по мере

износа.

**.Перфорация стенок гальванического барабана** Стенки погружных колоколов, барабанов и корзин-качалок делаются из листовых пластмассовых материалов и, естественно, должны быть перфорированы для циркуляции электролита и прохождения тока. Чем больше живое сечение перфорации (процентное отношение площади поверхности отверстий к общей площади стенки), тем меньше она мешает движению раствора и тока. Однако, делать большие отверстия невыгодно, ибо в таком оборудовании нельзя будет обрабатывать не только детали, меньшие по своим размерам отверстий, но и такие, у которых есть элементы профиля, могущие выступить из отверстия. На кончике этого выступа плотность тока будет настолько велика, что на нем образуется шишковидный нарост металла, который зачастую даже не удастся вытащить из отверстия и значительная часть перфорации окажется закупоренной. С другой стороны, очень маленькие отверстия оказывают большое сопротивление прохождению раствора и тока, а если их делать много, то работа получается трудоемкой и стенка становится ослабленной. Поэтому приходится ограничиваться размером отверстия от 3 до 8 мм и промежутками между ними 2,5—6 мм (расстояние между центрами 5,5—14 мм).

Отверстия в перфорированной стенке почти всегда делают в шахматном порядке, так как теоретически при этом на единице площади стенки уместится большее количество отверстий и живое сечение перфорации будет больше. Действительно, при одинаковых диаметрах отверстий и одинаковых межцентровых расстояниях живое сечение стенки при шахматном расположении отверстий относится к ее живому сечению при рядном расположении как 1,155 : 1,000, т. е. на 15,5 % больше.

Однако, если учесть очень малую величину конструктивно применимого живого сечения (ограниченную требованием прочности стенки), равную для при-веденных выше размеров перфорации — от 23,4 до 25,7 % при рядном расположении и от 27,0 % до 29,6 % — при шахматном, то очевидно, что практически этой разницей можно пренебречь, если электропроводность электролита достаточно высока.

## **Подвесочные приспособления для гальваники**

### **Подвесочные приспособления для гальваники**

Назначение подвесочных приспособлений заключается не только в создании опоры деталей в ванне, но и в подводе к ним тока. К подвесочным приспособлениям предъявляется еще ряд важных требований: 1) обеспечить возможно более равномерное распределение тока по поверхности деталей, что содействует получению более равномерного по толщине покрытия с хорошими механическими и защитно-декоративными свойствами; 2) позволить быстро монтировать и надежно кренить детали, что бы они не сваливались с под-вески при переносках и не теряли надежного электрического контакта с ней при интенсивном перемешивании раствора ванны, газовыделении, случайных толчках и т. п.; 3) быть экономичными, т. е. позволять загружать ванну возможно большим количеством деталей (допустимым без вреда для качества), быть дешевыми и простыми в изготовлении и при ремонте; 4) быть удобными в работе, при переноске, при монтаже и де-монтаже, при хранении; 5) конструкция и материал подвесок и приспособлений должны позволять обрабатывать на них заданные детали по возможности на всех операциях цикла гальванической обработки с самым минимальным количеством перемонтировок на другие приспособления (разумеется, не считая неизбежного демонтажа для механической обработки).

Сконструировать приспособление, отвечающее всем этим требованиям, — дело нелегкое. Следует считать вполне нормальным, если приходится, особенно для сложных деталей, сделать и опробовать в работе не-сколько вариантов, отбросить неудачные и остановиться на лучшем.

Из следующего ниже текста видно, что очень не-многие детали подвесочных приспособлений поддаются простому и точному расчету. При конструировании

подвесочных приспособлений гальванику почти всегда приходится полагаться на свое чутье, основанное на внимательном наблюдении за результатами условий крепления и загрузки деталей в ванну при покрытии, устойчивостью ориентации, надежностью контакта. Хорошо, если есть возможность уточнить эти наблюдения хотя бы измерением толщин получаемых покрытий.

Конструирование подвесочных и защитных приспособлений — благодарное и нужное поле деятельности рационализатора.

### **Типы приспособлений для завешивания деталей в гальванические ванны**

Самый старый и трудоемкий способ завешивания деталей — это навязывание их на проволоку, обычно по нескольку штук «косичкой». Этот способ нарушает все требования, предъявляемые к подвешиванию, кроме, пожалуй, дешевизны материала. Кроме того, он очень трудоемок. В одном цехе с десятью ваннами по 800 л, в котором среднесерийные партии деталей с площадью поверхности по 1—5 дм<sup>2</sup> навязывали по 6—10 шт. на тонкую медную проволоку, удалось после перевода на подвески высвободить по 12—14 чел. в смену, занимавшихся ранее навязыванием деталей на проволоку.

Подвешивание (индивидуальное) крупных деталей на проволоку можно допустить только при штучных, неповторяющихся работах. Во всех других случаях оправдывается изготовление, иногда специальных, а часто даже относительно универсальных подвесочных приспособлений.

Наиболее универсальные и наиболее часто применяемые типы подвесочных приспособлений — это «елочка» и «рамка». «Елочка» представляет собой вертикальный стержень с подвесным крюком, которым она вешается на штангу ванны. Контакты для крепления деталей расположены на нескольких «этажах» в плоскостях, перпендикулярных вертикальному стержню. Контакты для изделий на каждом «этаже» располагают симметрично по 2, 4 или 6 шт., редко больше. Иногда их в каждом следующем «этаже» смещают на некоторый угол по отношению к контактам предыдущего «этажа» во избежание возможного касания висящих на них деталей.

Характерными особенностями «елочки» являются, во-первых, то, что детали одного «этажа» расположены под разным углом к плоскости анода (или катода); во-вторых — ограниченность размеров деталей, висящих на боковых контактах. Достоинством «елочки» является благодаря ее малому диаметру возможность использовать практически всю длину арматурной штанги ванны без необходимости увязывать диаметр «елочки» с длиной штанги.

«Рамка» представляет собой прямоугольник, вертикальные боковые стороны которого образованы стержнями подвесных крюков, а горизонтальные стороны и несколько горизонтальных поперечин между ними несут на себе контакты для подвески деталей. Самая верхняя и самая нижняя поперечины, близкие к зеркалу раствора или к дну ванны, иногда не несут контактов. Необязательно, чтобы боковые стороны рамки являлись стержнями подвесных крюков. Крюки могут быть прикреплены и не по краям рамки, что иногда может быть даже выгодным с точки зрения распределения тока, но конструктивно удобнее расположение подвесных крюков по краям. Кроме того, такое их расположение помогает следить за сохранностью висящих по краям «рамки» деталей при переносе и при опускании рамки в ванну.

Главное достоинство «рамки» по сравнению с «елочкой» заключается в том, что все висящие на рамке детали одинаково ориентированы по отношению к анодам. Это очень важное условие для получения покрытия, возможно более равномерного, по качеству, толщине, механическим свойствам и внешнему виду. Второе достоинство «рамки» — конструктивная легкость превращения ее в сложное подвесочное приспособление при монтаже на ней более или менее сложных дополнительных устройств (экранов, защитных катодов, вспомогательных анодов и т. п.). И третьим ее достоинством является возможность сделать ее значительно более вместительной по количеству и площади уместяющихся на ней деталей, чем «елочка», что существенно повышает производительность труда при монтаже. Недостатком «рамки» можно считать необходимость увязывания ее размеров с длиной штанг ванны, чтобы она умещалась во всех ваннах линии с возможно более полным использованием их длины. При разномастных ваннах в линии выбор размеров подвесок иногда бывает затруднительным (впрочем, особенно точной подгонки не требуется).

### **Размеры подвесочных приспособлений.**

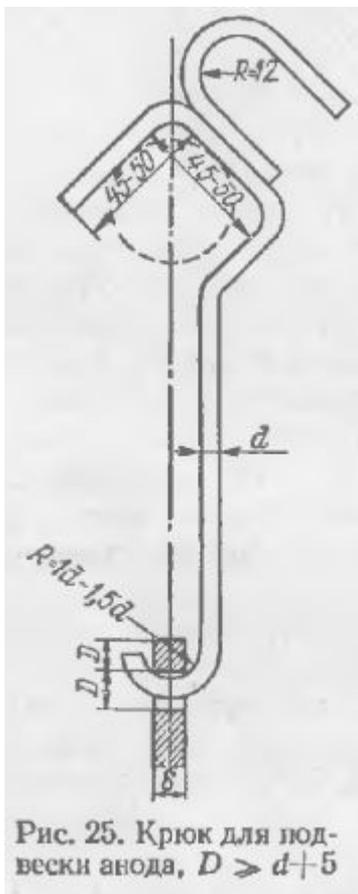
Размеры всех подвесочных приспособлений, независимо от их типа, выбираются так, чтобы расстояние от дна ванны (или от металлического земеевика на дне) до нижнего края висящих на приспособлении деталей было не менее 100—200 мм, а расстояние от верхнего края деталей до зеркала раствора — не менее 50 мм. Необходимость зазора от низа подвесочного приспособления до дна вызвана опасностью взмучивания шлама со дна ванны и часто наблюдающимся снижением температуры около дна ванны при отсутствии перемешивании. Зазор между уровнем электролита и верхом деталей нужен па случай понижения уровня за счет испарения и иногда для устранения осаждения на деталях пыли или иных загрязнений, попадающих на поверхность электролита.

Расстояние между соседними подвесками типа «елочки» должно быть таким, чтобы зазор между де-талями на соседних краях висящих рядом приспособлений был не меньше расстояния между изделиями, висящими на противоположных концах диаметра этажа каждой «елочки». Подвески тина рамки можно вешать практически вплотную одну к другой при условии, если соблюдено нормальное расстояние между крайней деталью и вертикальной стороной рамки. Между край-ней подвеской любого типа и торцовой стенкой ванны зазор должен быть не менее 100 мм при непроводящей футеровке стенки и не менее 200 мм при металлической стенке или футеровке.

## **Детали конструкции подвесочных приспособлений**

### **. Детали конструкции подвесочных приспособлений**

Подвесные крюки. Подвесной крюк подвесочного приспособления рекомендуется выполнять аналогично изображенному на рис. 25 (см. гл. 3) подвесному крюку для анода, т. е. загнутым по трем сторонам квадрата, с той лишь разницей, что в этом случае нет надобности смещать вертикальный участок стержня крюка с оси, как это сделано для выравнивания центра тяжести подвешенного на нижнем загибе крючке анода по оси верхнего загиба крюка (кстати, при литых неразтворимых анодах с залитым внутрь анода стержнем крюка это смещение также не нужно). Преимущество такого прямоугольного крюка по сравнению с загнутым по дуге круга состоит в том, что контакт со штангой осуществляется не по одной линии или точке, а по двум, что заметно улучшает условия перехода тока. Этот же эффект удвоения места контакта достигается и при загибе крюка под углом  $60^\circ$ , но крюк под углом  $90^\circ$



(см. рис. 25) удобнее при завешивании и обеспечивает более устойчивое положение приспособления, а изготовление его немного сложнее 60°-ного.

**«Ручки».** Для переноса, завешивания в ванну и выгрузки подвесочного приспособления нужна ручка, за которую его удобно взять, не задевая за висящие на подвеске детали, не окуная руку в электролит и не обжигаясь о стержень подвески, который при больших токах может весьма существенно нагреться. Такая ручка может быть выполнена в виде приваренного к верхней части подвесного крюка небольшого проволочного крючка, загнутого так, чтобы за него удобно было взяться одним или двумя пальцами в толстой резиновой перчатке (такая ручка пригодна для анодного крюка и для крюков «елочки» и «рамки»)

(см. рис. 25). У «рамки» в качестве простой и удобной ручки может служить горизонтальный пруток, приваренный к стержням обоих подвесных крюков на таком расстоянии, чтобы он пришелся выше уровня электролита при висящем в ванне подвесочном приспособлении, но и не слишком близко к крюку, чтобы штанга ванны не мешала взяться за него рукой

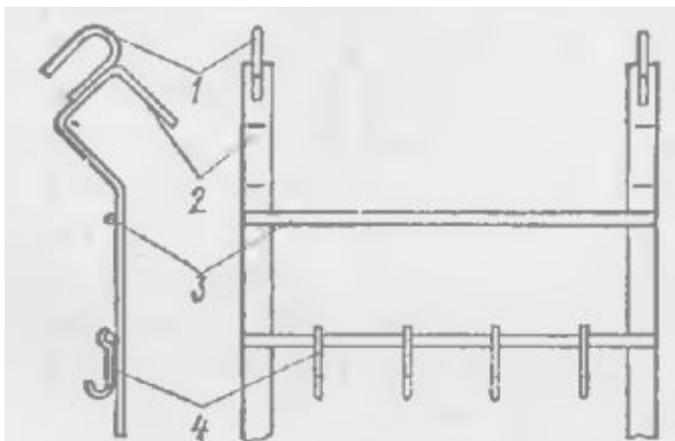


Рис. 36. «Ручки» подвесочного приспособления;

1 — ручка-крючок, приваренная к подвесному крюку; 2 — подвесной крюк; 3 — ручка-перекладина, приваренная между подвесными крюками; 4 — крючки-контакты для подвески деталей

(рис. 36). Оба типа ручек достаточно удобны, оба (в особенности — прутки) практически не нагреваются, но первый тип немного удобнее при завешивании, а второй — при переносе (можно нести подвеску одной рукой). Учитывая чрезвычайную простоту изготовления ручек обоих типов, можно рекомендовать снабжать подвески рамки ручками обоих типов одновременно.

**Контакты и их крепление.** Контакты подвесочных приспособлений должны не только надежно подводить к деталям ток, но и прочно удерживать их на подвеске, чтобы их не сбросило при газообразовании или перемешивании раствора ванны или от сотрясения при переносе. Контакты не могут быть изолированы, на них неизбежно нарастает металл, затрудняющий переход тока с подвесочного приспособления на деталь. Во многих электролитах стальные контакты становятся хрупкими в результате наводороживания и ломаются и, наконец, все контакты из любых металлов вследствие своего выступающего положения очень часто ломаются при неосторожном обращении или нерациональном хранении подвесочных приспособлений. Поэтому контакты должны, с одной стороны, быть прочно закреплены в стержне или в каркасе подвесочного приспособления, с другой — быть легко заменяемы при поломке или износе.

**Крепление контактов** — это наиболее сложная задача при конструировании подвесочного приспособления. Практикующаяся иногда простая укладка контактных проволочек в отверстие в каркасе приспособления абсолютно недопустима, она не обеспечивает надежного электрического контакта вследствие пленок, образующихся из продуктов коррозии засохшего электролита. Неудобно резьбовое крепление (винтом или непосредственным ввинчиванием нарезанного конца контактной проволочки в отверстие) вследствие «неразборности» такого соединения после неизбежной коррозии.

Единственными надежными средствами являются сварка (дуговая или точечная) и пайка твердым или мягким припоем. Впрочем пайка мягким припоем иногда оказывается недостаточно прочной. При обоих способах пайки надо учесть возможность образования 1 гальванической пары припоя с материалом подвесочного приспособления, так как место спая несколько труднее заизолировать, чем ровный участок приспособления.

Чтобы уменьшить изгибающий момент в месте приварки или припайки, ведущий к частому отлому контакта, следует приваривать или припаивать проволочки контакте не с лицевой стороны подвески, а с задней. Пропустив проволочку возможно плотнее через отверстие в каркасе приспособления, надо приварить или припаять ее кончик на задней стороне каркаса, загнув его в направлении, противоположном направлению силы тяжести детали или натяжения ее пружинящим контактом. Следовательно, загиб должен быть направлен

вверх у контактов, крепящих верхний край детали, и вниз — у контактов, крепящих нижний его край

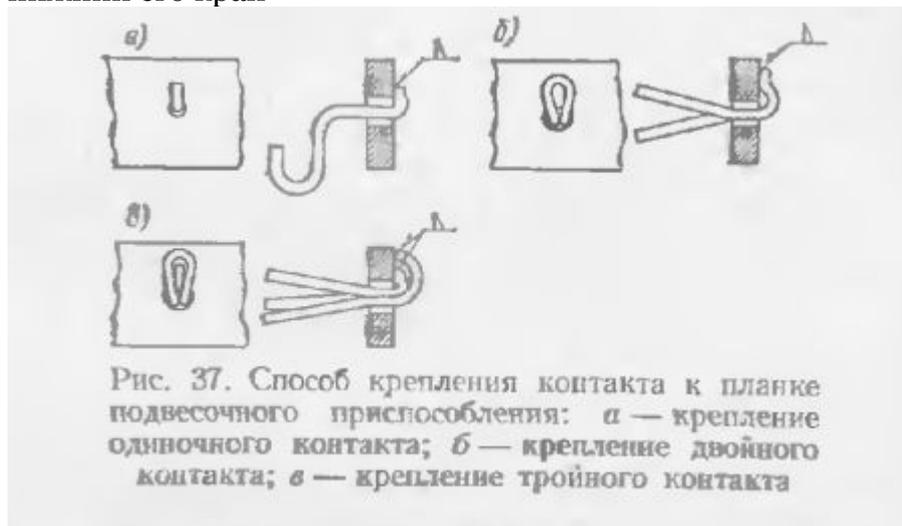


Рис. 37. Способ крепления контакта к планке подвесочного приспособления: а — крепление одиночного контакта; б — крепление двойного контакта; в — крепление тройного контакта

(рис. 37). При такой конструкции отрывающее усилие будет значительно ослаблено упором отогнутого кончика контакта в планку каркаса и упором его проволочки в стенку около отверстия в каркасе. Облом самой проволочки контакта на ее свободном участке возможен, но происходит значительно реже, чем в месте сварки (пайки) или рядом с ним.

Заслуживает внимания встречающееся в литературе предложение делать контакт из трех проволочек одинакового диаметра, введенных в одно отверстие, задние концы которых загнуты и приварены или припаяны

#### Рис. 37. Способ крепления контакта к планке

подвесочного приспособления: а — крепление одиночного контакта; б — крепление двойного контакта; в — крепление тройного контакта

паяны на задней стороне каркаса подвесочного приспособления, как описано выше.

Свободные (рабочие) концы проволочек контакта могут быть использованы как угодно:

либо все, либо часть из них, может быть загнута в крючки или использована как пружинящий контакт с натягом, каждая в своем отверстии детали или по две в одном — это уже зависит от назначения контакта и профиля детали. Суть идеи заключается в том, что три проволочки более плотно и более устойчиво укладываются в отверстия в планке каркаса подвески, чем одна или две. Диаметр  $D$  отверстия в аноде каркаса подвески и диаметр  $d$  проволоки контакта связаны зависимостью

$$D = 2,155d - 2,20d. \quad (22)$$

Совершенно плотной укладки проволочек не требуется, хотя она и желательна.

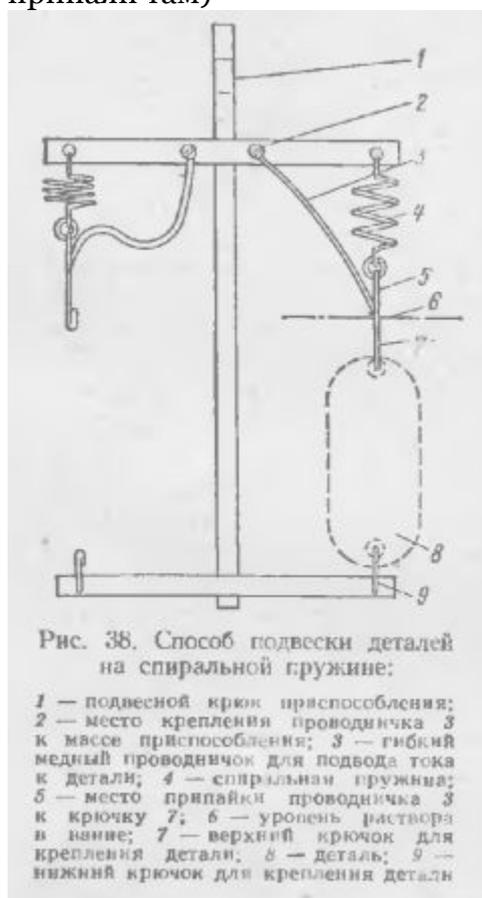
Крепление деталей на контактах. Концы контактных проволочек могут быть выполнены в виде простого крючка, если детали достаточно тяжелые, чтобы их не подбрасывало выделяющимися при электролизе газами или при перемешивании электролита, и если сила тока, приходящаяся на деталь, не очень велика. При легких деталях с большой поверхностью надежнее пружинящие контакты, обеспечивающие и хороший подвод тока, и достаточно жесткую и неизменную ориентацию детали на подвеске. Пружинящие контакты могут состоять из двух или более проволочек, концы которых («усики») предварительно несколько разведены. Сжав, их можно завести с некоторым натягом в одно общее отверстие в детали или, наоборот предварительно сжатые — раздвинуть и завести под натягом в два разные отверстия в детали. Существуют и могут быть дополнительно разработаны применительно к разным специфическим деталям еще и многие другие типы пружинящих контактов, примеры которых можно найти в большинстве руководств по гальванотехнике, поэтому подробнее останавливаться на них нет необходимости. Стоит только рассказать о применении спиральных пружин для крепления тяжелых или требующих большого тока деталей (например, при декоративном, а иногда и твердом хромировании).

Спиральная пружина из стальной термообработанной проволоки может при небольших габаритах обладать значительно большей силой, чем пружинящие проволочные

контактные «усики», но она боится нагрева проходящим по ней током и наводороживания; нагрев вызывает ее отпуск и потерю эластичности, а наводороживание ее, хрупкость и поломку. Поэтому она не должна служить для подвода тока к детали и не должна быть погружена в электролит. Сделать это можно так: низ детали крепится к подвесочному приспособлению жестким крючком, который может служить для подвода тока, но может быть и только опорой.

Верхний крючок, служащий и для натяга детали и для подвода к нему тока, должен быть достаточно длинным, чтобы его загнутый в колечко верхний конец находился в рабочем положении выше уровня электролита. За это колечко зацеплен нижний конец спиральной пружины, верхний конец которой закреплен любым способом в такой точке подвесочного приспособления, чтобы деталь, растянутая пружиной между ее точкой крепления и нижним опорным крючком, приняла нужное положение на подвеске. Ток подводится к детали коротким гибким (многожильным) медным проводником, один конец которого припаян к

натяжному крючку (выше уровня электролита), а другой — поджат винтом к хорошо залуженному месту на приспособлении возможно ближе к его подвесному крючку (или припаян там)



(рис. 38).

Место крепления пружины к натяжному крючку или к подвеске желательно заизолировать, однако это не всегда необходимо. При равных длине и сечении стальной проволоки пружины и медного проводника через пружину пройдет только  $1/8$  тока, идущего на деталь. Если же проволока пружины будет тоньше и длиннее медного проводника, то сила тока в пружине будет еще меньше (сила тока на этих участках будет обратно пропорциональна электрическому сопротивлению стальной пружины и медного проводника).

**Материалы для изготовления подвесочных приспособлений.** Для анодных процессов хороши подвесочные приспособления из титана; они пригодны практически почти для всех операции анодной обработки, за исключением редко применяемых электролитов с большим содержанием фториона. Для некоторых анодных процессов (анодное окисление и электрохимическое полирование алюминия) годятся подвесочные

приспособления из алюминия, а лучше — из дюралюминия, поскольку контакты из чистого алюминия не жестки и не упруги.

Изготавливать подвесочные приспособления для катодных процессов из меди или латуни редко имеет смысл, разве что при очень больших токовых нагрузках, а собирать их приходится на пайке мягким или твердым припоем, что сравнительно трудоемко.

Наиболее удобным, экономичным и простым для изготовления материалом подвесочных приспособлений для катодных процессов является железо (малоуглеродистая сталь). Этот металл легко сваривается любым способом, вполне стоек в щелочных и хромовокислых растворах, легко может быть защищен от коррозионного действия кислых электролитов гальваническим покрытием никелем или тем металлом, для покрытия которым предназначено приспособление, тем более, что большую часть поверхности (кроме контактов) все равно следует покрыть изоляцией для экономии тока. Оголенное железо на контактах вновь изготовленной или свежеччищенной подвески не более опасно для чистоты электролита ванны или для сохранности самой подвески, чем железо завешенной в ванну детали.

Существенным дефектом железа является его ржавление во влажном воздухе гальванического цеха. Вызванное этой коррозией повышение переходного сопротивления контактов легко устраняется предварительным покрытием всего подвесочного приспособления и, в первую очередь, его подвесных крюков каким-нибудь гальванически осажденным подходящим металлом, лучше всего никелем или оловом. Для защиты контактов более чем достаточно того слоя металла, который осаждается на них при эксплуатации подвески (периодически его необходимо даже стравливать, так как его многослойные наросты обладают плохой электропроводностью). Не следует снимать эти наросты механическими способами — это трудоемко ведет к повреждению подвески. Электрический расчет подвесочных приспособления. Для расчета допустимой электрической нагрузки током на поперечное сечение деталей подвески, находящихся выше уровня раствора, можно принять следующие ориентировочные величины: для меди —  $С=8$  А/мм<sup>2</sup>; для алюминия —  $4-4,5$  А/мм<sup>2</sup>; для латуни —  $3$  А/мм<sup>2</sup>; для малоуглеродистой стали —  $2$  А/мм<sup>2</sup>; для титана —  $1$  А/мм<sup>2</sup>; для коррозионно-стойкой стали (в зависимости от ее состава) —  $0,5-0,6$  А/мм<sup>2</sup>.

Цифры эти очень приближенны и могут существенно меняться как в меньшую, так и в большую сторону в зависимости от условий работы подвески, в частности профиля ее сечения, от которого зависит интенсивность охлаждения приспособления окружающим воздухом (наиболее выгодна не толстая, но широкая полоска), температуры ванны, интенсивности ее вентиляции и т. п. Ниже уровня электролита допустимая электрическая нагрузка может быть в три-четыре раза выше, чем для непогруженных в электролит участков.

Грубая ошибка в расчете сечения подвесочного приспособления маловероятна.

Неизмеримо чаще приходится гальванику сталкиваться с затруднениями от перегрузки подвесного крюка приспособления, который в ваннах, работающих при большой плотности тока, например в хромировочных, часто раскаляется до красного каления. Сопротивление нагретого металла увеличивается, а вследствие этого увеличивается и его дальнейший нагрев, иногда вплоть до сгорания. С таких случаев подвесной крюк обычно охлаждают струей воды, что снижает сопротивление контакта и позволяет (часто на продолжительный срок) прекратить его разогрев. Правильным решением задачи будет снятие фаски на внутренней поверхности крюка (в месте его контакта со штангой), если крюк выполнен из круглого прутка, или подклейка к нему медной полоски, более широкой, чем щечка крюка, или вообще замена крюка на более широкий. Контакт плоской щечки крюка с цилиндрической поверхностью

штанги осуществляется отнюдь не по геометрической, нематериальной линии касания, как в абстрактных геометрических фигурах, а по некоторой полоске, образовавшейся на штанге вследствие смятия металла штанги (и крюка) — абсолютно жестких несминаемых металлов нет. Эта полоска имеет вполне ощутимую ширину. Так, например, на латунной штанге диаметром 20 мм, на которой висит приспособление весом 10 кг с двумя стальными крюками с шириной щечки по 5 мм, ширина полоски смятия на штанге составляет около 0,3 мм. Однако, хотя давление, вызвавшее такое смятие латуни, и значительно (в данном

примере — около 10 800 кПа, т. е. 1080 атм), оно все же существенно меньше предела упругости латуни, составляющего около 58 800 кПа (5880 атм). Поэтому, как только мы спичем подвеску со штанги, штанга в месте смятия выпрямится до своего первоначального размера, не оставив никакого следа. Существует формула Герца, позволяющая хотя и приближенно, но с достаточной точностью подсчитать ширину этой полоски смятия. Однако для дальнейшего расчета размеров крюка, могущего пропустить нужную силу тока, надо знать допустимую токовую нагрузку на единицу площади полоски касания при данном давлении крюка подвесочного приспособления на штангу ванны. Ни в гальванотехнической, ни в электротехнической литературе не удалось найти таких нормативов для условий аналогичных контакту крюка подвесочного приспособления со штангой. Нормативы для контактов реле и для болтового соединения шин очень резко отличаются по принятым условиям от интересующих гальваника. Правда, в периодической гальванотехнической литературе удалось найти норматив для очного частного случая контакта подвесочного приспособления, но он вызывает некоторые сомнения. Поэтому практически приходится пользоваться старым эмпирическим способом — если крюк сильно нагревается, надо сделать его шире.

**Расположение деталей на подвесочном приспособлении.** Детали должны быть расположены и закреплены на подвеске так, чтобы они были в возможно более выгодном положении по отношению к аноду и не могли отклониться от этого положения при случайном толчке или движении раствора. Для этого в большинстве случаев достаточно выбрать подходящее место крепления детали на двух контактных крючках в удаленных друг от друга точках, или на одном, но широком крючке. Все острия и резкие выступы должны быть направлены вверх или в сторону промежутка между двумя висящими перед подвеской анодами. Такие склонные к подгару места могут быть защищены соседней Деталью или близко расположенным неизолированным участком каркаса приспособления, которые будут отвлекать на себя часть тока, идущего к защищаемым местам детали. В тех случаях, когда все эти средства оказываются не-достаточными или неприменимыми, прибегает к специальным защитным приспособлениям, описанным в п. 22.

Детали, имеющие углубления или полости, в ко-торых может скопиться и помешать покрытию выделяющийся газ, завешивают в таком положении, чтобы газ мог свободно выходить. Если такое положение детали придать невозможно, то приходится ее периодически переворачивать. Для этого закрепляют деталь на шарнире подвесочного приспособления, который позволяет при помощи выступающей из раствора рукоятки наклонять деталь в нужную сторону на требующийся угол, не касаясь ее руками и не прерывая, процесса покрытия. Шарнир может быть весьма примитивным — штыри поворотной части подвесочного приспособления, поворачивающиеся в отверстиях ее! неподвижной части. При слабом токе он может пройти от неподвижной части подвески к подвижной через шарниры, при сильном токе подвижную часть нужно соединить с неподвижной гибким медным проводником.

Следует принять меры против осаждения шлама, приводящего к шероховатости покрытия. Шлам может попадать на детали двумя различными путями. Он может взмучиваться со дна ванны и оседать под действием силы тяжести в углублениях и на больших верхних горизонтальных участках детали, где перемешивание менее интенсивно. В этом случае могут помочь соответствующая ориентация деталей на подвеске и, конечно, чехлы на анодах и непрерывное фильтрование. Другой) путь осаждения шлама на деталь встречается значительно реже, но и бороться с ним труднее — это перенос шлама с анода на деталь за счет катафореза Такой шлам садится на деталь преимущественно в местах повышенной плотности тока — на выступах и остриях. Наблюдается это чаще всего в хромировочной ванне. Меры борьбы — снижение общей или местной плотности тока, например, с помощью экранов.

1 Катворез — перенос током неионизированных частиц, получивших электрический заряд за счет адсорбции поверхностью частицы ионов, преимущественно одного какого-нибудь знака, придающих ей электрический заряд. Следует принять меры, чтобы детали на подвеске не экранировали друг друга. Это особенно легко может произойти при завеске их в два ряда на одной горизонтали подвески (завеска в двух плоскостях). Надо расположить

детали в обоих этих рядах в шахматном порядке, чтобы деталь одного ряда пришлась в основном против зазора между деталями в противоположном ряду и чтобы зазор между рядами был возможно больше. Такой способ завески терпим, если габариты деталей невелики по сравнению с зазорами между ними (например, при изделиях из прутка) или если требования, предъявляемые к покрытию оборотной стороны детали, значительно ниже, чем к лицевой стороне. В большинстве случаев предпочтительна завеска в одной плоскости.

## **Удаление гальванических покрытий**

### **Удаление гальванических покрытий**

Для снятия гальванического покрытия пригоден только такой способ, который, удаляя покрытие, не повреждает основной металл или металл подслоя. По этому каждый способ снятия предназначен для удаления только определенного металла покрытия без снятия основного металла изделия.

### **Снятие никелевого покрытия со стали и меди**

Для снятия никелевого покрытия со стали в литературе предлагается несколько химических и электрохимических способов, однако при применении их значительно растравливается основной металл. Это вынуждает после снятия покрытия шлифовать детали на накатных кругах абразивом, что, однако, не всегда возможно, ибо искажает размеры и форму предмета

Очень хорошие результаты дает способ, анодного активирования стали пассивированием. Принцип заключается в том, что для анодной обработки выбирается такая концентрация электролита (серной кислоты) и такой режим (температура и анодная плотность тока), при которых сталь легко и быстро пассивируется, а никель не пассивируется ни при каких режимах, которые могли бы случайно создаться в производстве при снятии никелевого покрытия. Эти условия таковы.

Электролитом служит серная кислота марки «химически чистая» или «аккумуляторная». Очень важно отсутствие или ничтожное содержание в ней хлор-иона. Техническая серная кислота непригодна. Никаких добавок в электролите не требуется.

Концентрация серной кислоты не должна превышать 40 % массовых. Предпочтительно применять 30 %-ную кислоту, так как при этой концентрации раствор обладает наивысшей электропроводностью, что выгодно в отношении экономии расхода электроэнергии, малого требуемого напряжения источника тока (достаточно.. 6 В), повышенной рассеивающей способности, возможности работы при большой плотности тока (при которой нагрев джоулевой теплотой невелик вследствие малого омического сопротивления раствора), и значительной растворимости серноокислого железа в кислоте такой концентрации, Благодаря чему оно не выпадает в осадок и не мешает процессу.

Температура раствора должна быть комнатной (18— 20°С), допустимо превышение до 30 °С. При высоких температурах железо не пассивируется.

Плотность тока должна быть в химически чистой кислоте не ниже 5—7 А/дм<sup>2</sup>, а в аккумуляторной кислоте — не ниже 10—15 А/дм<sup>2</sup>. Верхний предел плотности тока ограничен только мощностью источника тока и опасностью разогрева электролита джоулевой теплотой (объемная плотность тока не должна превышать 0,5—0,75 А/л). Как видим, это те же условия, что и для анодной активации с пассивированием, только верхний предел плотности тока не ограничен необходимостью обеспечить некоторую заметную продолжительность активного периода, как при активировании.

По мере того как никелевое покрытие снимается и обнажается железо, на оголенных участках начинается выделение кислорода и их пассивирование, поэтому перетравливания детали опасаться не приходится. Заметить полноту снятия никеля иногда удается по бурному газовыделению, но чаще приходится периодически вынимать деталь для осмотра, что никаких существенных нарушений процесса не вызывает.

Подвешивать детали можно на железной или медной проволоке, удобнее каждое изделие завешивать отдельно. Легкие изделия надо завешивать на пружинящем прочном контактном крючке. Групповые стальные подвесочные приспособления (рамки или елочки) могут быть плохо изолированы. В этом случае они сами пассивируются. Из-за газообразования на них нельзя рассмотреть, идет ли газообразование по всей поверхности детали, т. е. полностью ли снято с нее покрытие. К тому же при пользовании подвесочными приспособлениями, вмещающими несколько деталей, нет возможности извлекать отдельные детали по мере их готовности, хотя весьма значительные передержки готовых деталей под током (порядка до получаса) допустимы.

Поверхность стальных деталей после снятия никеля получается несколько хуже, чем после анодной активации с пассивированием, однако шлифования на накатных фугах с абразивом никогда не требуется, вполне достаточно легкого глянцеваания на войлочном или тряпчонном круге с пастой. Очень часто поверхность деталей получается такой же, как после анодной активации с пассивированием, и их можно после обычной промывки сразу же завешивать в ванну для повторного никелирования.

Интересно, что и анодной активации, и снятию никеля не вредит весьма значительное накопление в ванне никеля и железа — до интенсивно-зеленого цвета раствора. Это позволяет иногда пользоваться одной и той же ванной для обоих процессов, но при большой загрузке лучше иметь отдельную ванну для каждого процесса.

С меди и медного подслоя никель снимается тем же способом, который описан для его снятия со стали; медь тоже пассивируется на аноде в серной кислоте, только при значительно более высокой плотности тока — при работе в аккумуляторной серной кислоте плотность тока должна быть не меньше 30—35 А/дма. Концентрация кислоты 30 % и температура комнатная (18—20 °С)

Снять никель с латуни, не повредив ее, не удастся ни при каком режиме. Латунь сильно растравливается.

#### **Снятие медного покрытия со стали**

Медное покрытие снимается со стали без тока и без нагрева в водном растворе следующего состава (г/л):

Хромовый ангидрид  $\text{CrO}_3$ .....300

Аммоний сернокислый  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ..... 120

Концентрация хромового ангидрида не должна быть существенно меньше 300 г/л, так как в более слабых растворах иногда наблюдается едва заметное подтравливание стали. При концентрации хромового ангидрида 300 г/л и выше растворения железа обнаружено не было. Замена часто рекомендуемой добавки серной кислоты на сернокислый аммоний сильно ускоряет процесс снятия меди, вероятно, за счет образования комплекса меди в ионе аммония. Хотя процесс растворения меди и так протекает быстро, но его можно еще ускорить, если при обработке раствором протирать изделие тряпкой или паклей.

В литературе по гальванотехнике иногда рекомендуется проводить обработку этим раствором под током на аноде. Это вряд ли целесообразно, потому что в растворе хромового ангидрида сталь на аноде весьма заметно растворяется.

#### **Снятие хромового покрытия со стали и меди без тока и под током**

Снятие хромового покрытия со стали и меди без тока. Снятие хромового покрытия осуществляется в растворе соляной кислоты 10—50 % (1 часть соляной кислоты с содержанием хлористого водорода 38 %, разбавленная 9—10 частями воды) с добавкой ингибитора травления, например, КС 1—3 %. При снятии хрома с меди ингибитор не нужен, но раствор соляной кислоты не должен содержать никаких легко восстанавливающихся ионов, в первую очередь — ионов трехвалентного железа; поэтому не следует для снятия хрома с меди применять раствор соляной кислоты, в котором снимали хром со стали, так как железо, растворившееся в виде двухвалентных ионов, легко окисляется воздухом до трехвалентного, а это последнее содействует растворению меди в соляной кислоте вследствие окислительного действия своих ионов.

#### **Снятие хромового покрытия со стали под током**

Снятие хрома со стали производится в 10 %-ном растворе едкого натра  $\text{NaOH}$  при комнатной температуре, на аноде, при плотности тока 10—15 А/дмг. Несмотря на

сравнительно небольшую плотность тока снятие происходит довольно быстро, так как хром растворяется в виде трехвалентных ионов и выход по току при этом близок к 100 %. После снятия хрома на стали иногда остается тончайшая темная пленка окислов, легко удаляемая в обычной ванне активирования, без опасности искажения размеров.

### **Снятие хромового покрытия со стали и алюминия в хромировочной ванне.**

Если почему-либо нельзя снять хром с изделия в щелочной ванне, то можно сделать это в производственной хромировочной ванне, завесив изделие на анод и использовав в качестве катода стальной лист. Таким же образом можно снять хром и с алюминия (в щелочной ванне алюминий был бы растравлен), хотя для алюминия лучше, но не обязательно, применить электролит а концентрацией хромового ангидрида 100—150 г/л. Однако при частом использовании хромировочной ванны, для таких целей лучше установить отдельную ванну, потому что хром с анода переходит в раствор в виде трехвалентного, что потребует частых перерывов в эксплуатации производственной ванны для ее проработки.

## **Межоперационная промывка в гальванике**

### **Межоперационная промывка в гальванике**

Межоперационная промывка деталей едва ли не самая важная операция во всяком гальваническом процессе. Хотя она и не участвует в образовании гальванического покрытия, но плохое ее выполнение может не только свести на нет все усилия по получению доброкачественного и красивого покрытия, но и испортить все рабочие растворы и даже оборудование. Дело в том, что при извлечении деталей из какого-либо раствора после стекания его излишка на них остается тонкая, но вполне ощутимая пленка раствора. Если детали с такой пленкой погрузить в другой раствор, то пленка в нем растворится и загрязнит его компонентами предыдущего раствора, которые для второго будут посторонними, а, следовательно, вредными. Поэтому после каждой операции должна производиться тщательная промывка в большом количестве чистой про-точной перемешиваемой воды. Очень редко применяется перенос в следующую ванну без промывки — только в тех специальных случаях, когда следы первого раствора нужны для работы второго. Когда деталь с оставшейся пленкой раствора попадает в чистую воду, то компоненты раствора пленки начинают переходить (диффундировать) в прилегающий слой воды. Скорость этой диффузии снижается по мере того, как концентрация вещества в пленке будет убывать, а в прилегающем слое воды возрастать, т. е. по мере того, как разница концентраций будет уменьшаться. Когда эти концентрации сравняются, дальнейшее вымывание вещества из пленки прекратится и на деталях останется слой жидкости с этой сравнявшейся концентрацией.

При большом объеме воды растворенные компоненты будут диффундировать вглубь воды, снижая тем самым концентрацию в прилегающем к деталям слое, но это процесс медленный. Он ускоряется при подогреве воды, при ее перемешивании и, еще лучше, при непрерывном подводе свежей воды вместо прилегающего слоя. И все-таки процесс диффузии идет медленно, поэтому промывка, даже при всех ускоряющих факторах, требует небольшого, но существенного времени. Каскадная (многоступенчатая) противоточная промывка. С теоретической точки зрения подводить к промываемой детали абсолютно чистую (не содержащую смываемых веществ) воду невозможно, ибо при первом же соприкосновении с деталью в нее перейдет какое-то количество этих веществ, но практически это в достаточной степени осуществимо при промывке сильной струей воды, не используемой повторно. Однако этот способ, помимо некоторых технических неудобств (например, плохой промывки углублений), обладает существенным недостатком — колоссальным расходом воды, что при теперешней ее нехватке в большинстве промышленных городов всего мира является недопустимым расточительством, а необходимость после использования очищать эту воду перед спуском в водоемы вызывает дополнительные расходы и технические затруднения. Вот почему сейчас все шире входит в обиход метод каскадной противоточной промывки, основанный на давно применяемом в

химической промышленности принципе встречного движения растворяемого вещества и растворителя, в нашем случае — адсорбированного деталью слоя раствора и воды. Осуществляется это так: устанавливается две (редко три); промывные ванны, свежая вода поступает сначала в первую ванну, из нее переливается во вторую, затем — в третью и оттуда уходит в канализацию, а детали с пленкой адсорбированного раствора промываются сначала в третьей ванне, затем во второй и, наконец, в первой. Следовательно, детали, несущие" пленку концентрированного раствора, сначала промываются более загрязненной водой, а по мере разбавления этой пленки встречаются с более чистой водой, что позволяет поддерживать все время достаточно большую разность концентраций загрязнений между пленкой на детали и подаваемой водой и очень существенно уменьшить расход воды. Правда, две ванны (третья требуется очень редко) занимают, казалось бы, больше места, чем одна, но зато их можно делать меньшего размера. Объем воды, окружающий подвесочное приспособление с деталями, играет в этом случае меньшую роль, а чем меньше объем ванны, тем при данном расходе вода в ней быстрее обновляется, что положительно влияет на качество промывки.

Таблица 1. Концентрация основного компонента, остающаяся на промытой детали

Операция перед промывкой	Основной компонент	Операция после промывки	Остаточная концентрация основного компонента $C_{\text{п}}$ , г/л
Анодное окисление	$H_2SO_4$	Наполнение, сушка	0,010
Активирование	В пересчете на $H_2SO_4$	Кислые электролиты	0,100
»	То же	Щелочные электролиты	0,050
»	»	Цианистые электролиты	0,010
Кадмирование цианистое	CN	Межоперационная промывка, сушка	0,010
Кадмирование кислое	$Cd^{2+}$	То же	0,015
Меднение	$Cu^{2+}$ ; $Cu^+$	»	0,010
»	CN	»	0,010
»	$Cu^{2+}$ ; $Cu^+$	Никелирование	0,002
Наполнение хромпиком	$Cr^{6+}$	Сушка	0,010
Наполнение красителем	Краситель	»	0,005
Никелирование	$Ni^{2+}$	Меднение	0,020
»	$Ni^{2+}$	Хромирование, сушка	0,010
Обезжиривание	NaOH	Щелочной электролит	0,800
»	NaOH	Кислый или цианистый электролит, сушка	0,100
»	NaOH	Анодное окисление алюминия	0,050
Химическое окисление стали	NaOH	Промывка в мыльной воде, сушка	0,200
Оловянирование	$Sn^{2+}$ ; $Sn^{4+}$	Межоперационная промывка, сушка	0,010
Осветление цинкового покрытия	$HNO_3$	То же	0,200
Пассивирование меди	$Cr^{6+}$	»	0,010
Химическое и электрохимическое полирование	$Cr^{6+}$	Межоперационная промывка, активирование	0,010

Операция перед промывкой	Основной компонент	Операция после промывки	Остаточная концентрация основного компонента $C_n$ , г/л
Травление алюминия	NaOH	Межоперационная промывка, сушка	0,100
Травление цветных металлов	HNO <sub>3</sub>	Межоперационная промывка, сушка, активирование	0,150
Травление черных металлов	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> или HCl	Межоперационная промывка, обезжиривание	0,050
Фосфатирование	«Мажеф»	Межоперационная промывка, сушка, промасливание	0,020
Хромирование	Cr <sup>6+</sup>	Промывка раствором соды, сушка	0,010
Цинкование кислотное	Zn <sup>2+</sup>	Осветление	0,010
Цинкование цианистое	CN	»	0,010
Железнение	Fe <sup>2+</sup>	Сушка	0,150
Серебрение, золочение, платинирование, родирование	Соли драгоценных металлов (в пересчете на металл)	»	0,001

Расход воды (л) на промывку 1 м<sup>2</sup> деталей

$$V = v \sqrt[N]{\frac{C_0}{C_n}} \quad (18)$$

Расход воды (л) на промывку 1 м<sup>2</sup> деталей

где  $v$  — унос раствора 1 м<sup>2</sup> деталей, л/м<sup>2</sup>;  $N$  — количество ступеней промывки (количество ванн, соединенных в противоточный каскад);  $C_0$  — начальная концентрация основного загрязняющего компонента\* в пленке на детали, т. е. концентрация его в ванне гальванической обработки, г/л;  $C_n$  — предельно допустимая концентрация загрязняющего компонента в последней ванне каскада, следовательно, и его концентрация в пленке, оставшейся на промытой детали, г/л

Отношение  $K = C_0/C_n$ , показывающее, во сколько раз должна быть снижена в результате промывки концентрация основного компонента в пленке жидкости, удерживаемой на поверхности детали, называется критерием окончательной промывки.

Основной компонент (применительно к данному расчету) — это тот из компонентов раствора предыдущей перед промывкой операции, для которого критерий окончательной промывки больше, чем для всех прочих. Концентрация  $C_0$  этого компонента в пленке жидкости, унесенной деталью, равна его концентрации в предыдущем растворе, а оставшаяся после промывки его концентрация в пленке на деталях  $C_n$  равна его

концентрации в последней промывочной ванне каскада. Величину  $C_p$  для расчета расхода воды можно брать из табл. 1, где она приведена в зависимости от назначения предыдущей перед промывкой операции и последующей, которую промывка должна защитить от загрязнения.

## Конструкции промывочных ванн в гальванике

### Конструкция промывочных ванн

Ванны для каскадной двухступенчатой промывки. Ванна (рис. 14) разделена па две равные части глухой перегородкой, доходящей до верхнего края ванны. Эти половины соединены между собой переливной трубой, которая начинается на первом отделении на высоте нормального уровня воды в нем и кончается во втором отделении на высоте примерно 100 мм от дна. Переливную трубу, ради экономии места в ванне, выгодно расположить не внутри, а снаружи ванны (по возможности на ее не рабочей стороне). Заборное и выходное отверстия располагают как можно ближе к перегородке.

В первом отделении делается заналичная труба для аварийного слива избытка воды в канализацию в случае засорения переливной трубы или погружения в ванну объемистой детали, вытесняющей больше воды, чем объем между нормальным уровнем и краем ванны, этот объем нужно делать не меньше объема наиболее крупной серийной загрузки промывной ванны, не надеясь на заналичную трубу, ибо при быстром погружении деталей вода не успеет слиться в нее и плеснет через край на ноги рабочему. В большинстве случаев достаточно сделать верхний кран заналичной трубы на 20—30 мм выше верхнего края отверстия переливной трубы и на 50—80 мм ниже края ванны.

Во втором отделении также имеется заналичная труба, служащая и постоянной сливной трубой. Ее верхний край должен быть по меньшей мере на 50 мм ниже нижнего края заборного отверстия переливной трубы, чтобы разность уровней обеспечила достаточную

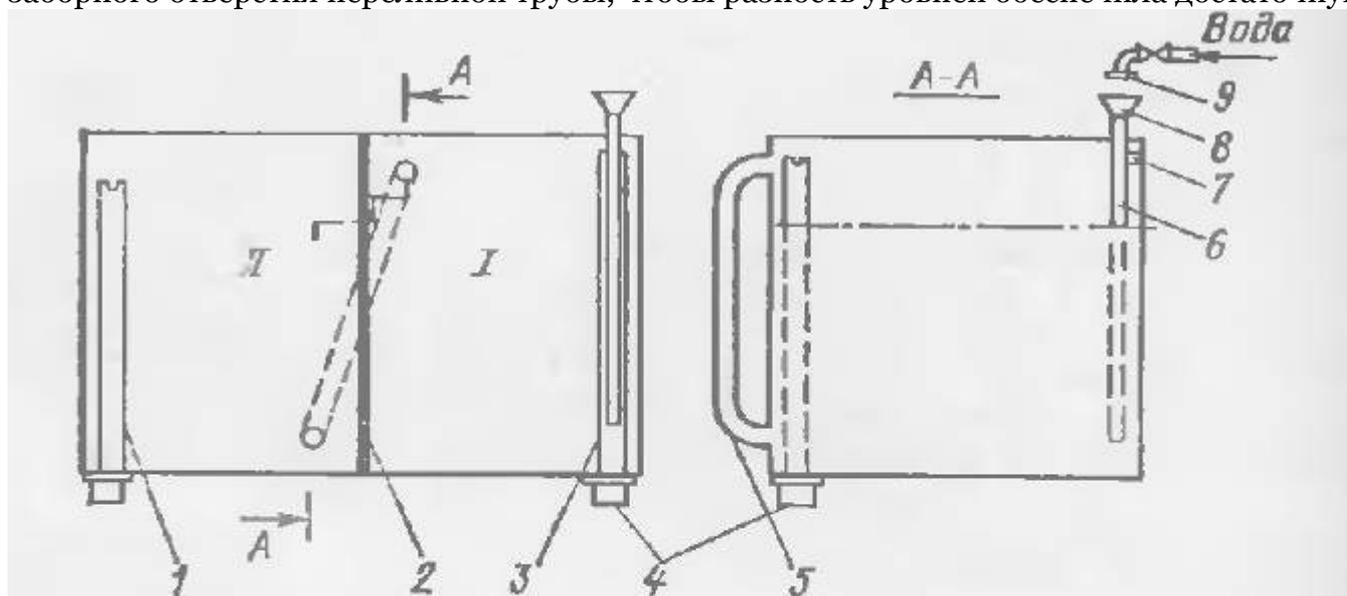


Рис. 14. Каскадная (двухступенчатая) ванна для противоточной промывки:

- 1 — заналичная и сливная труба II отделения; 2 — перегородка (на разрезе А—А верх ее отрезан); 3 — заналичная труба I отделения; 4 — nipple заналичных труб; 5 — переливная труба; 6 — водозаливная труба; 7 — кронштейн водозаливной трубы; 8 — воронка водозаливной трубы; 9 — диафрагма-ограничитель расхода на кране водопроводной трубы

скорость перетекания воды из первого отделения во второе и не допускала перегона воды из второго отделения в первое при промывке во втором отделении объемистого предмета (перегон загрязнит воду в первом отделении).

Располагать обе заналичные трубы надо в углах отделений, наиболее удаленных от перегородки. Между трубой и стенкой ванны должен быть зазор 20—30 мм, чтобы можно было взяться за трубу рукой при ее вывинчивании. Вывинчивать ее приходится часто при опорожнении ванны для чистки или извлечения упавших предметов.

Для ограничения максимального расхода воды во избежание ее излишнего расходования при невнимательном обращении с вентилем нужно на водопроводной линии, перед ванной последовательно установить два вентиля, первый из которых служит для полного перекрытия воды на время перерыва в работе, а второй, маховичок которого снабжен стопором, для становления нормального (максимально допустимого) расхода. Вторым вентилем можно заменить установленной на выходе из первого вентиля диафрагмой — шайбой с небольшим отверстием, подобранным опытным путем.

Работа в ванне ведется так: вода из водопровода поступает в отделение 1 (см. рис. 14), переливается через трубу 5 в отделение 2 и уходит в канализацию через трубу 1, а детали промываются сначала в отделении 2, а затем — в отделении 1.

Устройства для подачи и слива воды в промывочных ваннах. Описанная конструкция сливных заналичных труб удобна тем, что одна и та же труба служит и заналичной трубой для слива воды при переполнении ванны выше заданного уровня и сливной пробкой для полного спуска воды из ванны. Сущность ее заключается в том, что цилиндрическая трубная резьба (по ГОСТ 6357—73) на водопроводной трубе и на при-варенном к дну ванны ниппеле, в который труба ввернута, при длине резьбы, не меньшей ее наружного диаметра, обеспечивает достаточно полную герметичность стыка этих деталей без каких-либо уплотнителей (пеньки, краски, смазки, прокладок и т. п.). Следует напомнить, что номиналом трубной резьбы является не фактический размер резьбы, нарезанной на наружной поверхности трубы, а условный ее размер, соответствующий внутреннему проходу трубы, ее внутреннему номинальному диаметру.

Точеный стальной ниппель с той же резьбой, что и на трубе, тоже длиной в наружный диаметр резьбы на трубе или несколько более длинный, если он выполнен по удлиненному варианту ниппеля 3, для присоединения канализационной трубы (рис. 15), приваривается снизу к дну ванны под отверстием в дне, диаметр которого для удобства ввертывания трубы делается на 3—6 мм больше наружного диаметра трубы. Вваривать ниппель фланцем



ванн. Можно несколько уменьшить эту высоту, сделав на укороченном ниппеле 4 наружную резьбу и накрутив на нее колено канализационной трубы (рис. 15). В этом случае, чтобы не ослабить резьбой стенку ниппеля, надо выбирать диаметр наружной резьбы руководствуясь табл. 2. Еще большая экономия достигается, если вместо стандартного полукруглого колена сварить колено из труб под прямым углом или приварить боковой патрубком непосредственно к ниппелю (ниже конца заделанной трубы). Канализационную трубу соединяют с ниппелем обычным способом — на пакле и краске.

Таблица 2. Рекомендуемые диаметры резьб на ниппеле сливной трубы при двусторонней резьбе

Внутренняя резьба		Наружная резьба		Толщина стенки между резьбами, мм
Номинальный диаметр	Внутренний диаметр	Номинальный диаметр	Внутренний диаметр	
мм		мм		
15	18,6	20	24,1	2,8
20	24,1	25	30,3	3,1
25	30,3	32	39,0	4,4
32	39,0	40	44,8	3,0
40	44,8	50	56,7	6,0
50	56,7	70	72,2	7,8

Для полного слива воды, например при чистке ванны, сливную заделанную трубу вывинчивают полностью и вынимают из ниппеля. Это обычно удается сделать рукой, но на всякий случай надо иметь ключ 5—10 (см. рис. 15), состоящий из стержня с переключной рукояткой, «отвертки», вставленной и приваренной к прорези стержня, и направляющей втулки, приваренной к концу стержня ниже отвертки. Вместо втулки можно просто оставить часть стержня ниже отвертки, однако в этом случае отвертку надо сделать длиннее, примерно на разницу диаметров стержня и заделанной трубы. Направляющая втулка или нижний конец стержня не очень нужны, но они заметно облегчают попадание отвертки в неглубокие шлицы! прорезанные в верхнем торце заделанной трубы.

Наливную трубу для подачи чистой воды нужно опустить в ванну, чтобы нижний конец не доходил до дна примерно на 100 мм, а верхний выше края ванны кончался воронкой, в которую вода должна стекать! из водопроводного крана свободной струей. Опускать! трубу водопровода в ванну без разрыва струи над воронкой нельзя из опасения засасывания промывной воды с коррозионно-активными примесями в общий водопровод в случае падения в нем напора (подъем водопроводных труб выше ванны не предохраняет от всасывания воды, воду может всосать за счет сифонного действия водопроводной трубы, заполненной водой без давления).

Диаметры всех труб, по которым ВОДА уходит из ванны самотеком, а не под водопроводным напором (заделанных, наливных после воронки, переливных), должны быть вдвое больше номинального диаметра на водопроводной трубе.

## Вентиляция гальванических цехов

### Вентиляция гальванических цехов

Существуют общеобязательные нормы предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочих помещений (ПДК). Эти нормы включают довольно много веществ, выделяющихся при гальванических работах (брызги и пыль химикатов, пыль абразивов, пары растворителей и т. п.). Для того чтобы их концентрации не превысила допустимого предела, применяются разные меры. Наиболее распространенной и наиболее действенной из них является оборудование цеха приточно-вытяжной вентиляцией, назначение которой состоит в том, чтобы за счет обмена воздуха, т. е. отсоса загрязненного и подачи свежего, поддерживать содержание вредных веществ в воздухе помещения на уровне, не превышающем норм ПДК.

Обмен воздуха может происходить за счет разницы его температур внутри и снаружи помещения, через открытые окна, случайные щели, даже через стены при их относительно пористом материале, но эта так называемая естественная вентиляция мало производительна, а по направлению и скорости движения воздуха плохо поддается управлению. Значительно более эффективна принудительная вентиляция, при которой воздух отсасывается или подается вентилятором с силовым приводом. Принудительная вентиляция позволяет отсасывать воздух с нужной интенсивностью непосредственно из мест вредных выделений и подавать свежий воздух, рационально распределяя его по помещению. Достигается это выполнением всех элементов вентиляционной системы в точном соответствии с проектом и расчетом, составленными квалифицированными специалистами с учетом не только вредных выделений химикатов, но и тоже вредных (при большом количестве) выделений теплоты и влажности.

### **Принципы расчета вентиляционных систем**

Воздух, несмотря на свою, привычную нам, подвижность, обладает определенной массой, а следовательно, и инерцией. Поэтому при движении по трубам или каналам вентиляционной системы, при входе его и при выходе из труб, при проходе через трубопроводы и их различные элементы (колена, разветвления, сужения, расширения и т. п.) воздух испытывает значительные сопротивления, тем большие, чем выше его скорость. Для того чтобы требуемый объем воздуха проходил с нужной скоростью через трубопровод, необходимо создать некоторый напор за счет работы вентилятора (при принудительной вентиляции) или за счет разницы температур. По мере движения воздуха по вентиляционной системе этот напор снижается за счет затраты его энергии на преодоление сопротивлений на различных участках системы.

Задача проектировщика заключается не только в расчете этого напора, но и в такой компоновке сопротивлений отдельных ветвей трубопровода, чтобы в каждом месте стыка ветвей трубопровода величина напора во всех стыкующихся в этой точке ветвях при заданных объемах и скоростях была бы совершенно одинаковой. Если же это требование не будет соблюдено или будет нарушено за счет каких-нибудь переделок системы, то равенство напоров установится само собой, но уже при другом его значении и за счет изменения объемов и скоростей воздуха, проходящего через состыкованные ветви. Эти объемы и скорости уже не будут соответствовать расчетным, и вентиляция будет работать в случайном режиме, а не в том, который требуется для надлежащей очистки воздуха.

Вся приточно-вытяжная вентиляционная система данного помещения, а часто и сообщаемых с ним соседних помещений, представляет собой единое целое, в котором все движения воздуха в трубопроводах и в самом помещении связаны между собой. Поэтому, какое-либо нарушение предусмотренной проектом взаимозависимости путем, например, переделки каких-нибудь элементов воздухопровода или, что гораздо хуже и абсолютно недопустимо, присоединением дополнительных потребителей, не подкрепленное расчетом и соответствующими конструктивными мероприятиями, может катастрофически сказаться на вентиляции всего помещения.

Изготовление и переделки вентиляции должны поручаться только квалифицированным специалистам, так как исправность вентиляции — это вопрос здоровья и даже жизни работающих в гальваническом цехе.

### **Местные отсосы у гальванического оборудования**

Конструкция местного отсоса сказывается не только на эффективности работы вентиляции, но и на удобстве работы гальваника, а следовательно, и на его производительности. В связи с этим представляется рациональным, чтобы специалист по вентиляции при проектировании и выборе типа отсоса прислушался к мнению гальваника.

В связи с этим остановимся на отсосах, применяемых в гальванических цехах. Это — вытяжной шкаф, внутри которого устанавливается оборудование; вытяжной колпак (зонт), устанавливаемый над оборудованием; отсасывающая решетка (например панель Чернобережского), устанавливаемая сбоку от оборудования с его нерабочей стороны; бортовой отсос, располагаемый на уровне верхнего края оборудования. Характеристика

отсасывающих устройств приведена в табл. 8.

**Таблица 8. Характеристика отсасывающих устройств, применяемых в гальванических цехах**

Тип	Достоинства	Недостатки	Области применения
Вытяжной шкаф	Хорошо изолирует помещения от вредных выделений из оборудования, стоящего внутри шкафа	Затрудненность доступа к оборудованию. При работе над оборудованием человек находится в зоне вредных выделений	При травлении цветных металлов
Вытяжной колпак (зонт)	Простота изготовления	При работе над оборудованием человек находится в струе отсасываемых вредных веществ. Расход воздуха очень велик, так как трудно избежать непроизводительного подсосывания воздуха с боков	При работе в наливных колоколах с газовыделяющими щелочными электролитами или при очистке колоколов от наростов травлением в кислотах
Панель Чернобережского	Мало мешает работе, особенно если оборудование стоит у стены и панель не мешает проходу. Хорошо улавливает выделения легких газов, например водяного пара	Требует значительного расхода воздуха. Неудобен ее монтаж при свободно стоящем оборудовании	На промывочных ваннах с горячей водой при их одностороннем обслуживании. В гальванических цехах применяется редко
Бортовой отсос	Хорошо удаляет брызги и тяжелые газы и в большинстве случаев легкие газы. Рабочий, наклоняющийся над оборудованием, находится вне зоны вредных выделений	Увеличивает ширину оборудования, несколько затрудняя доступ к противоположному от рабочего краю ванны	На всех видах гальванического оборудования, включая даже некоторые типы вращающихся колоколов и барабанов

Принцип работы наиболее универсального для гальванического оборудования вентиляционного отсоса — бортового, состоит в том, что всасываемый с большой скоростью через узкую заборную щель отсоса воздух образует над зеркалом раствора сильную горизонтальную струю («факел»), которая сбивает с вертикального пути выбрасываемые из раствора капли и этим заставляет их главную массу упасть обратно в ванну, а остальные капли и газы увлекаются в отсос.

Эта работа «факела» особенно хорошо наблюдается над хромировочной ванной, брызги которой ярко окрашены и их путь легко проследить.

При правильной конструкции отсоса вызываемое им увеличение ширины ванны невелико. Нормальный бортовой отсос выступает от края ванны в сторону рабочего на 50—100 мм. Дальнейшее увеличение размера вертикального участка отсоса при его переходе к круглому воздухопроводу делается в сторону стенки оборудования, ниже обвязки на его борте и, следовательно, на ширине оборудования дополнительно не сказывается. Сам же круглый воздухопровод расположен так низко, что практически уже не мешает доступу к ванне. Бортовые отсосы получили наибольшее распространение в гальванике, они удобны, эффективны и экономичны.

«Факел» бортового отсоса быстро ослабевает с удалением от заборной щели, поэтому односторонний отсос делают только при ширине ванны не свыше 600 мм. На более широких ваннах делают отсосы с двух противоположных сторон. Не следует в погоне за «улучшением» вентиляции делать отсосы с трех или четырех сторон ванны; это только ухудшает вентиляцию, ибо в углах, где встречаются факелы, идущие под углом один к другому, образуются завихрения, из-за которых значительная часть зеркала раствора вообще не вентилируется.

Щель бортового отсоса обязательно должна быть расположена вплотную над краем оборудования и ниже катодных и анодных штанг, чтобы штанги не забрызгивало раствором. Анодные пластины должны висеть ниже щели бортового отсоса, чтобы не мешать проходу факела; на пути факела могут находиться только подвесные крюки анодов и подвесочных приспособлений.

Для облегчения работы бортовых отсосов (уменьшения нормы отсоса воздуха) иногда применяют откидные крышки на ваннах, что впрочем затрудняет обслуживание ванн, особенно при частых загрузках, и очень эффективно работающие и удобные поплавки.

Одно время для гальванических ванн широко рекомендовали опрокинутые бортовые отсосы, заборное отверстие которых расположено горизонтально почти над самым уровнем электролита, на конце перегнутого через край ванны рукава отсоса.

Согласно чертежам, приведенным в нормали МН2-58, воздухопровод отсоса толщиной 100 мм (по наружному обмеру) перегибается через верхний край ванны и через ее обвязку и опускается внутрь ванны до уровня электролита, сохраняя ту же толщину. Следовательно, во-первых, отсосы занимают внутри ванны по 100 мм ширины зеркала ванны с каждой стороны, что заставляет уменьшить межэлектродные расстояния или непроизводительно увеличить ширину и емкость ванны, а, во-вторых, увеличивают на 150 мм (сверх обычного отсоса) то расстояние, на которое приходится тянуться рабочему до висящих в ванне деталей и анодов. С точки зрения гальваника это очень существенный недостаток конструкции. Опрокинутые отсосы в настоящее время выходят из употребления

## Хромирование своими руками

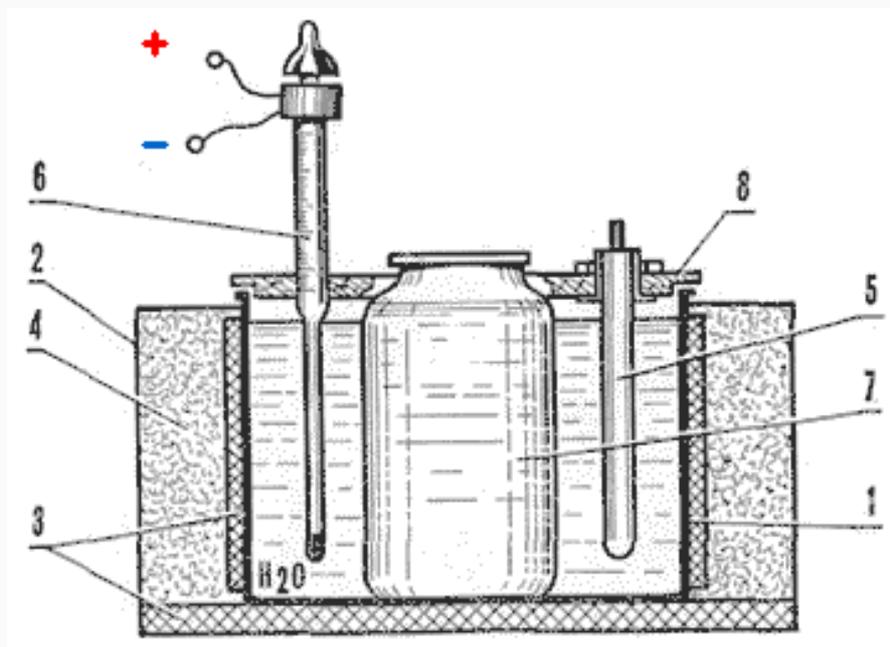
Ниже приведена статья, раскрывающая тонкости хромирования, которая будет очень полезна тем, кто решится хромировать самостоятельно. Так как статья написана в 1989 году (а может быть и раньше), и рассказ ведется о хромировании деталей микро- мото-двигателя, некоторые элементы этого руководства устарели или некорректны для других ситуаций.

Хромирование, одно из самых нужных покрытий, относится к наиболее сложным процессам гальванотехники. Хромирование требует особой тщательности и соблюдения

чистоты, как при приготовлении электролита, так и самих веществ, входящих в его состав. Используется дистиллированная вода или (лишь в крайнем случае!) основательно прокипяченная.

### Ванна для хромирования

Сначала подберите кастрюлю на 10 л и трехлитровую стеклянную банку. Емкости меньшего размера лучше не использовать — это может усложнить регулирование параметров хромирования, да и при приведенных величинах, объема ванны может и не хватить.



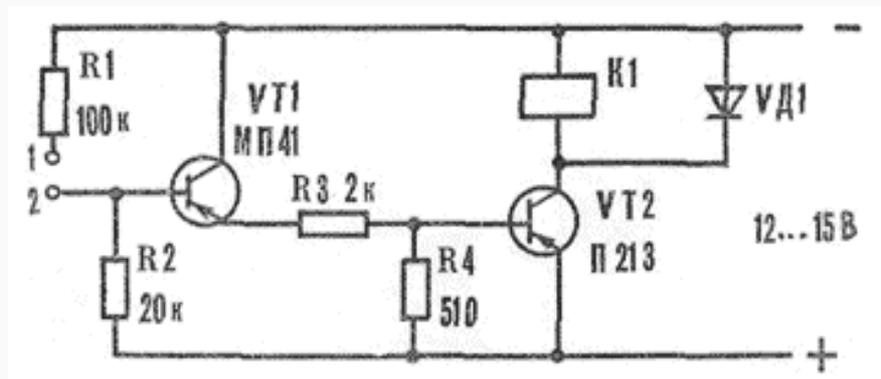
Электролитическая ванна:

1 - кастрюля объемом 10л, 2 — фанерный ящик, 3 — теплоизоляция (стеклоткань), 4 — теплоизолирующий слой (стекловата, песок), 5 — трубчатый электронагреватель ТЭН, 6 — контактный градусник, 7 — трехлитровая стеклянная банка, 8 — крышка (дельта-древесина).

Склеив из 1—1,5 мм фанеры корпус, соберите ванну согласно рисунку и закройте все фанерным кольцом. Работа над ванной заканчивается вытачиванием крышки кастрюли и монтажом на ней ТЭНа (трубчатый электронагреватель) и градусника.

Для питания ванны можно использовать любой источник постоянного тока с подключенным на выходе электролитическим конденсатором 80 000 мкФ X 25 В. Провода питания должны иметь сечение не менее 2,5 мм. Регулятором силы тока, заменяющим регулятор напряжения, может послужить секционный реостат. Он включается последовательно с гальванической ванной и состоит из параллельных, включаемых однополюсными рубильниками секций. Каждая последующая имеет сопротивление вдвое больше предыдущей секции. Число таких секций 7—8. На передней панели блока питания устанавливаются две розетки на 15А, одну — нормальной полярности, другую — обратной. Это дает возможность быстро провести анодную обработку детали и перейти на хромирование простым переставлением вилки. Розетки с тремя выходами, чтобы не ошибиться в полярности (подключаются, конечно, только два гнезда).

Для обеспечения постоянной температуры электролита ванна должна иметь контактный градусник. Напрямую управлять работой ТЭНов он не может из-за больших токов, поэтому необходимо собрать несложное устройство, схема которого приведена на рисунке. Детали терморегулятора: транзисторы МП13 — МП16, МП39—МП42 (VT1); 213—217 (VT2) с любыми буквенными обозначениями; резисторы МЛТ-0,25, диод — Д226, Д202—Д205; реле — ТКЕ 52 ПОДГ или ОКН паспорт РФ4.530.810.



**Наладка терморегулятора.** Если при закорачивании точек 1 и 2 реле не срабатывает, соединяют эмиттер и коллектор VT1. Включение реле указывает на неисправность или малый коэффициент усиления VT1. В противном случае неисправен транзистор VT2 или он обладает недостаточным коэффициентом усиления.

### Приготовление электролита

Собрав и наладив ванну, приступаем к приготовлению электролита. Для этого надо:

- \* налить в банку чуть больше половины подготовленной дистиллированной воды, подогретой до 50°

- \* засыпать хромовый ангидрид и размешать

- \* долить воду до расчетного объема

- \* влить серную кислоту

- \* проработать электролит 3—4ч из расчета 6—8 А г/л.

Проработка электролита необходима для накопления небольшого количества ионов  $\text{Cr}^{3+}$  (2—4 г/л), наличие которых положительно сказывается на процессе осаждения хрома.

#### состав электролита:

Хромовый ангидрид — 250 г/л или 150 г/л

Серная кислота — 2,5 г/л или 1,5 г/л

### Режим хромирования

Хромирование в значительной степени зависит от температуры электролита и плотности тока. Оба фактора влияют на свойства покрытия и внешний вид, а также на выход хрома по току. Нужно помнить, что:

- \* с увеличением температуры выход по току снижается

- \* с увеличением плотности тока выход по току возрастает

- \* при более низких температурах и постоянной плотности тока получаются серые покрытия, а при повышенных — молочные

Практическим путем определен оптимальный режим хромирования: плотность тока 50—60 А/дм<sup>2</sup> при температуре электролита 52° — 55° ±1°.

Чтобы быть уверенным в работоспособности электролита, в приготовленной ванне можно покрыть хромом несколько деталей, похожих по форме и размерам на детали которые хотите хромировать. Подобрал режим и узнав выход по току простым замером размеров до и после хромирования, можно приступать к хромированию.

По предложенной методике хромируют стальные, бронзовые и латунные детали.

Подготовка их заключается в промывке поверхностей, подлежащих хромированию, бензином и затем мылом (с помощью зубной щетки) в горячей воде, зарядке в оправку (про оправки см. ниже) и размещении в ванне. После погружения в электролит необходимо подождать 3—5с и только потом включать рабочий ток. Задержка необходима для того, чтобы деталь нагрелась. Одновременно происходит активирование поверхности деталей из латуни и меди, так как эти металлы хорошо травятся в электролите. Но более 5с ждать не следует — в составе этих металлов есть цинк, наличие которого в электролите недопустимо.

Концентрация хромового ангидрида в электролите контролируется с помощью ареометра. Концентрацию же серной кислоты удается определять, к сожалению, лишь косвенно, по качеству покрытия. В процессе хромирования происходит испарение электролита. В этих случаях доливают воду до нужного уровня. Делается это без установленных деталей — возможно изменение температуры электролита.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
СОДЕРЖАНИЯ  
ХРОМОВОГО АНГИДРИДА  
CrO<sub>3</sub> В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ УДЕЛЬНОГО ВЕСА  
РАСТВОРА**

Удельный вес при 15°	Содержание CrO <sub>3</sub>	
	в молях	в г/л
1,07	1,00	100
1,08	1,14	114
1,09	1,29	129
1,10	1,43	143
1,11	1,57	157
1,12	1,71	171
1,13	1,85	185
1,14	2,00	200
1,15	2,15	215
1,16	2,29	225
1,17	2,43	243
1,18	2,57	250
1,19	2,72	272
1,20	2,88	288
1,21	3,01	301
1,22	3,16	316
1,23	3,30	330
1,24	3,45	345
1,25	3,60	360
1,26	3,75	375
1,27	3,90	390
1,28	4,06	406
1,29	4,22	420
1,30	4,38	438
1,31	4,53	453
1,32	4,68	468

После хромирования детали подвергают термообработке в течение 2—3 ч для удаления водорода, при температуре 150—170°. Все работы ведутся под вытяжным приспособлением, в резиновых перчатках и в очках.

### Приспособления, оправки

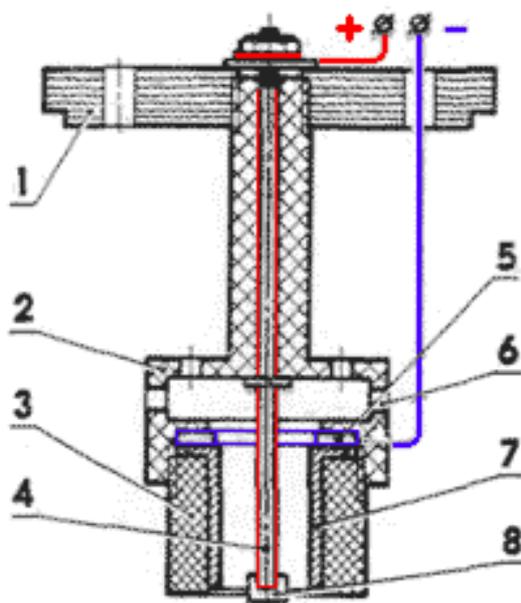
#### Хромирование гильзы

Для хромирования гильзы цилиндра изготавливается оправка. Ее устройство понятно из приведенного рисунка, остановимся только на отдельных деталях. Анод — стальная шпилька; с одного ее конца на длине 50—60 мм наплавляется свинец с сурьмой (7—8%). Свинец протачивается по наружному диаметру до 6 мм (для гильз с рабочим диаметром 15 мм). С другой стороны шпильки нарезается резьба для фиксации провода. Катодом служит

кольцо с внутренним диаметром, на 0,5 мм превышающим внутренний размер гильзы. В него вчеканивается отрезок изолированного провода. Медные и латунные проводники лучше не применять — электролит растворяет их, и контакт может быть нарушен. Перед монтажом оправки в ванне, полезно проверить надежность контактов тестером.

**Оправка для хромирования гильзы цилиндра:**

1 — крышка (винипласт), 2 — верхняя часть оправки (фторопласт), 3 — нижняя часть оправки (фторопласт), 4 — анод (сталь), 5 — катод, 6 — сквозное окно для прохода электролита, 7 — покрываемая гильза, 8 — насадка-изолятор.



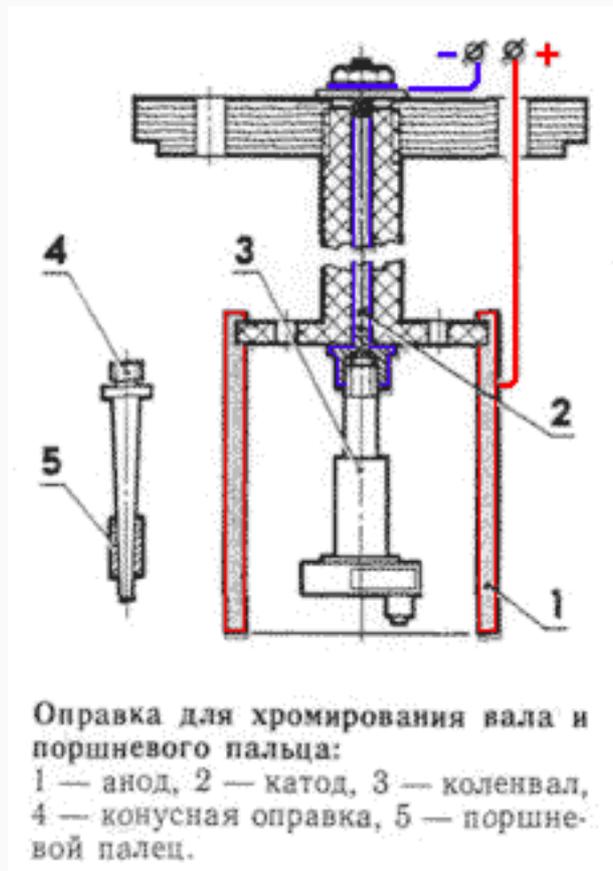
**Хромирование стальных деталей (коленвал, палец кривошипа, палец поршня, обоймы подшипников)**

Хромирование стальных деталей выполняется по следующей технологии:

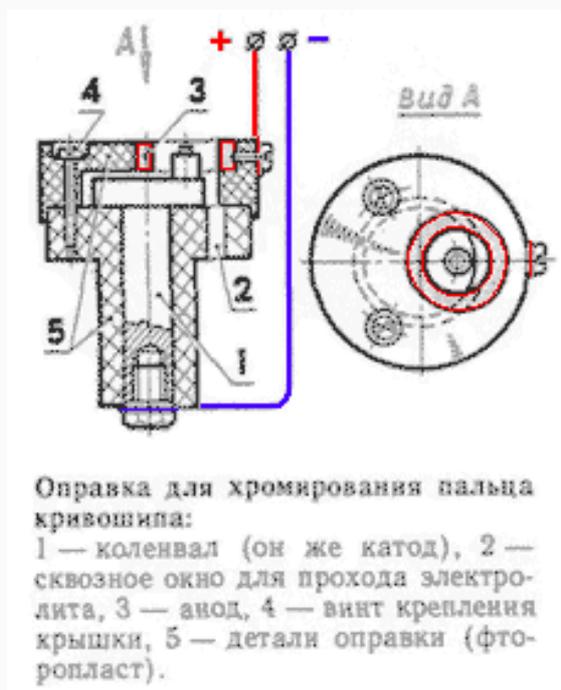
- \* удаление жировых пятен с помощью бензина
- \* промывка в горячей воде с мылом
- \* обработка детали обратным током на протяжении 2—3 мин
- \* переключение в режим хромирования с током, в 2—2,5 раза больше расчетного, и постепенное уменьшение тока в течение 10-15 мин.

Расчетный ток определяется перемножением площади хромируемой поверхности на ток процесса. Для стали последняя величина — 50 А/дм<sup>2</sup>. При хромировании, например, посадочного места под коренной подшипник на коленвале двигателя КМД-2,5 расчетный ток будет равен:

$$0,03 \text{ дм}^2 \times 50 \text{ А/дм}^2 = 1,5 \text{ А.}$$



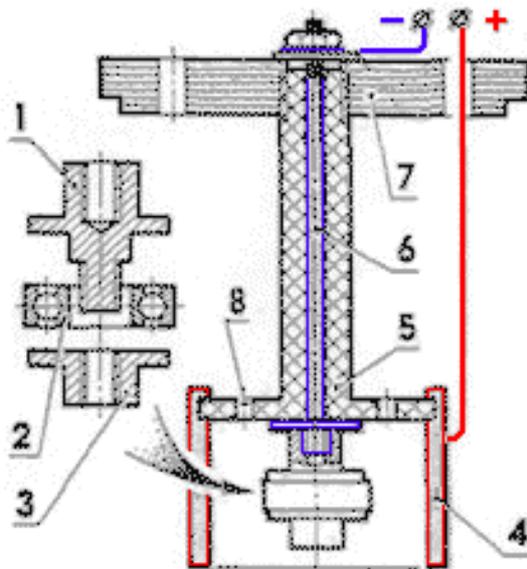
Для хромирования, например, пальца кривошипа понадобится совершенно другая оправка. Как и при обработке коленвала, все открытые участки поверхности закрываются клеем «АГО». Анод вытачивается из стали с последующей заливкой свинцом и расточкой отверстия под палец. Использование стальной детали объясняется необходимостью обеспечить надежный контакт — в свинце резьбовые соединения ненадежные. Расчеты токов аналогичны. Работа проводится в оправке вала с помощью специальной насадки.



Практически ничем не отличается хромирование подшипников. Единственное — для предохранения внутренней части детали ее заполняют солидолом или другой консистентной смазкой, которая после нанесения покрытия удаляется бензином.

Оправка для хромирования внешней обоймы шарикоподшипника:

1 — корпус оправки подшипника, 2 — шарикоподшипник, 3 — фигурная гайка, 4 — анод (свинец), 5 — центральная часть оправки для хромирования, 6 — катод (сталь), 7 — крышка, 8 — сквозное окно для прохода электролита.



### Дефекты хромирования и их причины

#### 1. Хром не оседает на детали:

- плохой контакт у анода или катода
- маленькое сечение проводников
- на поверхности анода образовалась толстая пленка окислов (удаляется в растворе соляной кислоты)
- слишком высокая температура электролита
- мало расстояние между электродами
- избыток серной кислоты

#### 2. Покрытие отслаивается:

- плохое обезжиривание поверхности
- нарушалась подача тока
- колебание температуры или плотности тока

#### 3. На поверхности хрома кратеры или отверстия:

- на поверхности детали задерживается водород — изменить подвеску так, чтобы газ беспрепятственно удалялся
- на поверхности основного металла имеется графит
- поверхность основного металла окислена, пориста

#### 4. На выступающих частях утолщенное покрытие:

- повышенная плотность тока.

#### 5. Покрытие жесткое, отслаивается:

- маленькая плотность тока, повышенная температура электролита
- в процессе хромирования менялась температура электролита
- в процессе шлифования изделие перегрелось

#### 6. Хром не оседает вокруг отверстий детали:

- большое выделение водорода — закрыть отверстия пробками из эбонита
- избыток серной кислоты

#### 7. На покрытии коричневые пятна:

- нехватка серной кислоты
- избыток трехвалентного хрома (более 10 г/л) — выдержать ванну под током без деталей, увеличив поверхность анодов и уменьшив — катодов

#### **8. Мягкое «молочное» покрытие:**

- слишком высокая температура электролита
- маленькая плотность тока

#### **9. Покрытие матовое, неровное, трудно притирается:**

- недостаток хромового ангидрида
- слишком большая плотность тока
- нехватка серной кислоты
- избыток трехвалентного хрома

#### **10. Покрытие пятнистое и матовое:**

- в процессе хромирования прерывалась подача тока
- деталь перед загрузкой была холодной

#### **11. В одних местах покрытие блестящее, в других матовое:**

- слишком большая плотность тока
- низкая температура электролита
- неодинакова плотность тока на выступающих и углубленных частях детали

### **Хромирование алюминиевых сплавов**

На хромировании алюминиевых сплавов следует остановиться особо. Создание таких покрытий всегда связано с рядом трудностей. Прежде всего, это необходимость нанесения промежуточного слоя.

Сплавы алюминия, имеющие большое количество кремния (до 30%, сплавы марок АК12, АЛ25, АЛ26, САС-1), можно хромировать следующим образом:

- промывка детали в бензине
- промывка в горячей воде со стиральным порошком либо мылом
- обработка детали в растворе азотной и плавиковой кислот (отношение 5:1) в течение 15—20с
- промывка в холодной воде
- установка детали на оправке и хромирование (**загрузка в ванну под током!**)

Другое дело, если необходимо покрыть хромом сплав АК4-1. Его удается хромировать только с помощью промежуточного слоя. К таким методам относятся: цинкатная обработка; по подслою никеля; через соль никеля; через анодную обработку детали в растворе фосфорной кислоты.

Во всех случаях детали подготавливают следующим образом:

- шлифование (и притирка)
- очистка (удаление жировых отложений после шлифовки в бензине или трихлорэтилене, затем в щелочном растворе)
- промывка в проточной холодной и теплой (50—60°) воде
- травление (для удаления частиц, оставшихся на поверхности после шлифовки и притирки, а также для улучшения подготовки поверхности детали к хромированию).

Для травления применяется раствор едкого натра (50 г/л), время обработки 10—30с при температуре раствора 70—80°. Для травления сплавов алюминия, содержащих кремний и марганец, лучше применять такой раствор (в весовых частях):

азотная кислота (плотность 1,4)—3,  
плавиковая кислота (50%) — 1.

Время обработки деталей 30—60с при температуре раствора 25—28°. После травления, если это гильза цилиндра, ее надо немедленно промыть в проточной воде и на 2—3с погрузить в раствор азотной кислоты (50 %) с последующей промывкой водой.

## Промежуточные покрытия

### Цинкование

Алюминиевые изделия при комнатной температуре погружают на 2 мин в раствор (едкий натр 400 г/л, серноокислый цинк 120 г/л, соль Рошеля 5—10 г/л; либо: едкий натр 500 г/л, окись цинка 120—140 г/л) при непрерывном его перемешивании. Покрытие достаточно равномерное и имеет серый (иногда голубой) цвет.

Если цинковое покрытие легло неравномерно, деталь опускают в стравливающий 50-процентный раствор азотной кислоты на 1—5с и после промывки повторяют цинкование.

Для магнийсодержащих сплавов алюминия двойное цинкование обязательно. Нанеся второй слой цинка, деталь промывают, заряжают в оправку и под током (без подачи напряжения цинк успевает частично раствориться в электролите, загрязняя его) устанавливают в ванне. Предварительно оправка с деталью опускается в стакан с водой, нагретой до температуры 60°. Процесс хромирования обычный.

### Химическое никелирование

Если цинк не ложится на алюминий (наиболее часто это происходит на сплаве АК4-1), можно попробовать нанести хром через никель. Порядок работы таков:

- притирка поверхности
- обезжиривание
- травление 5—10с в растворе азотной и плавиковой кислот, смешанных в соотношении 3:1
- никелирование

Никелирование проводится в растворе следующего состава: серноокислый никель 30г/л, гипофосфит натрия 10—12г/л, уксуснокислый натрий 10—12г/л, гликоколь — 30г/л. Раствор готовится сначала без гипофосфита, который вводится перед никелированием (с гипофосфитом раствор долго не хранится). Температура раствора при никелировании 96—98°. Можно использовать раствор и без гликоколя, тогда температура должна быть уменьшена до 90°. За 30 мин на деталь осаждается слой никеля толщиной от 0,1 до 0,05 мм. Посуда для работ — только стеклянная или фарфоровая, так как никель осаждается на все металлы восьмой группы периодической таблицы. Хорошо поддаются никелированию латунь, бронза и прочие медные сплавы.

После осаждения никеля деталь подвергается термообработке для улучшения сцепления с основным металлом (200—250°, выдержка 1—1,5 ч). Потом деталь монтируется на оправке для хромирования и опускается на 15—40 с в раствор 15% серной кислоты, где обрабатывается обратным током из расчета 0,5—1,5А/дм<sup>2</sup>. Происходит активирование никеля, удаляется окисная пленка, и покрытие становится серого цвета. Должна использоваться только химически чистая кислота (в самом крайнем случае аккумуляторная). Иначе никель приобретает черный цвет, и хром на такую поверхность никогда не ляжет.

После этого оправку с деталью погружают в ванну хромирования. Сначала дают ток в два раза больший, далее в течение 10—12 мин его уменьшают до рабочего.

Дефекты химического никелирования:

- никелирование не происходит: деталь не прогрелась, следует подождать некоторое время,
- пятна на поверхности (характерно для АК4-1): плохая термообработка детали, нужно ее термообработать при 200—250° в течение 1,5—2 ч.

Удаление никеля с алюминиевых сплавов можно выполнять в растворе азотной кислоты.

Иногда при никелировании случается саморазряд — выпадение порошкообразного никеля. В этом случае раствор выливают, а посуду обрабатывают раствором азотной кислоты для удаления с ее поверхности никеля, который будет мешать осаждению на детали.

Хотелось бы подчеркнуть, что никель-фосфор сам по себе имеет очень интересные свойства, не свойственные хромовым покрытиям. Это:

- \* равномерность слоя на поверхности деталей (после осаждения доводки не требуется)
- \* высокая твердость после термообработки (режим 400° в течение часа дает твердость покрытия HV 850—950 и больше)
- \* низкий коэффициент трения по сравнению с хромом
- \* очень незначительное расширение

\* высокий предел прочности при растяжении

Никель-фосфор без последующего нанесения хрома может использоваться не только как промежуточное покрытие на гильзах, но и как рабочее, уменьшающее трение и износ, для золотников и поршневых пальцев. После двух лет активной эксплуатации двигателя с деталями подобной отделки на них отсутствовала явная выработка, типичная для стальных каленых поверхностей.

### **Нанесение хрома через соль никеля**

Весь процесс сводится к следующему:

- \* травление в растворе едкого натра (50 г/л,  $t=80^{\circ}$ , 20 с)
- \* промывка в проточной воде
- \* нанесение 1-го промежуточного слоя (хлористый никель, 1 мин)
- \* стравливание промежуточного слоя в растворе азотной кислоты (раствор кислоты 50%, 1 мин)
- \* нанесение 2-го промежуточного слоя (хлористый никель, 1 мин)
- \* промывка водой
- \* травление (азотная кислота 50%, 15 с)
- \* промывка в проточной воде
- \* загрузка в ванну для хромирования, под током

### **Нанесение хрома через анодную обработку**

Вместо промежуточных слоев можно выполнять анодную обработку в растворе 300—350 г/л фосфорной кислоты при температуре 26—30°, напряжении на зажимах 5—10В и плотности тока 1,3 а/дм<sup>2</sup>. Ванну следует охлаждать. Для сплавов, содержащих медь и кремний, применяют раствор 150—200 г/л фосфорной кислоты. Температура —35°, время обработки 5—15 мин.

После анодной обработки следует сделать кратковременную катодную обработку в щелочной ванне, которая частично снимает оксидный слой. Как показали исследования, при анодной обработке алюминиевых сплавов в фосфорной кислоте на деталях создается шероховатая поверхность, которая способствует прочному сцеплению наносимого впоследствии покрытия.

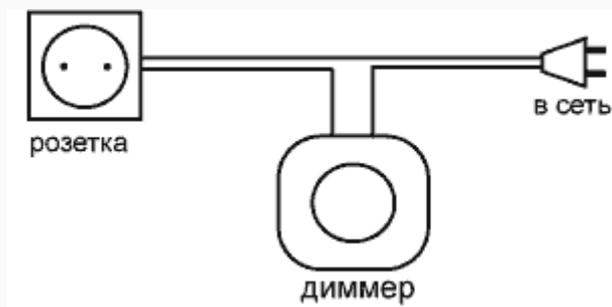
Источник:

Ю. Муссалитин. Хромирование? Без проблем Ч.1 // Моделист-Конструктор №5 1989г. с.27-29

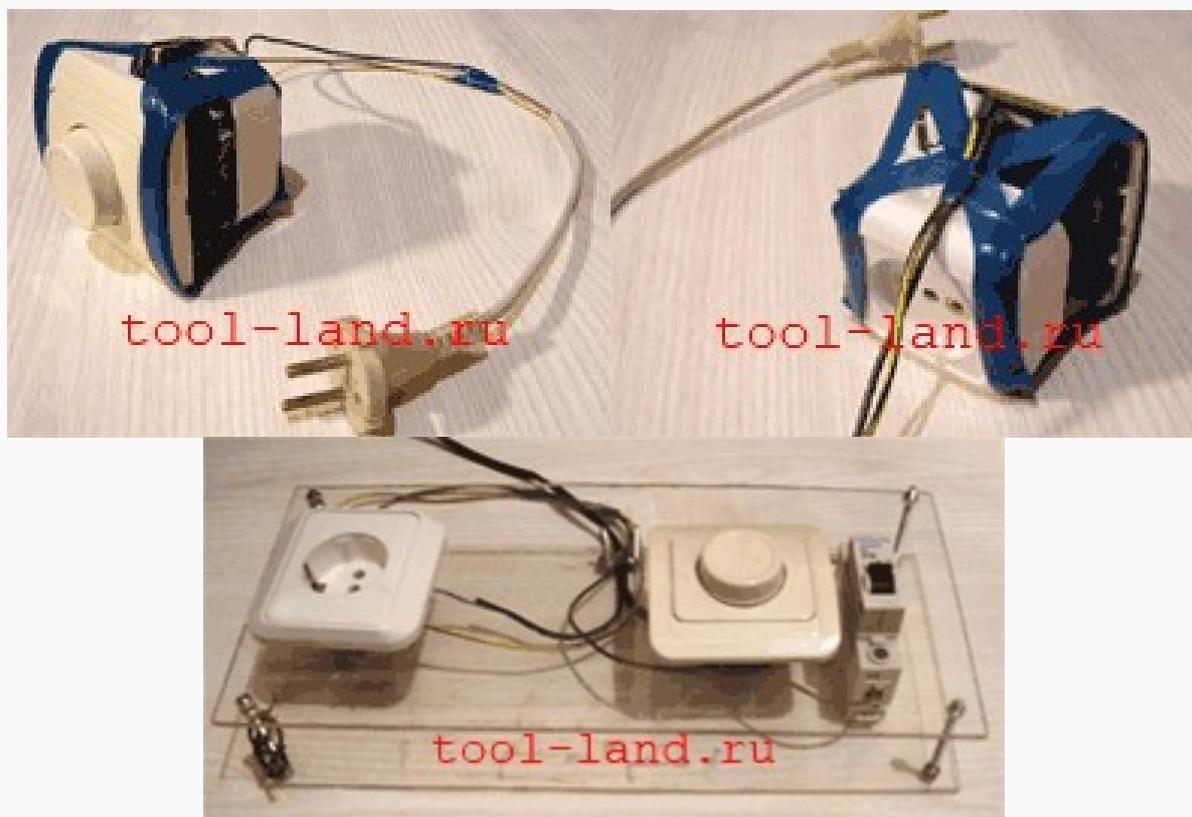
Ю. Муссалитин. Хромирование? Без проблем Ч.2 // Моделист-Конструктор №7 1989г. с.28-29

Чтобы сделать водяную баню можно воспользоваться в качестве нагревателя кипятильником, а для регулирования температуры использовать диммер. Такой автоматизации как с контактным градусником, конечно же, не получится, но зато регулятор будет проще в изготовлении.

Схема регулятора следующая:



Исполнение этой схемы может быть различным. Конечно же регулятор должен быть сделан так чтобы внутренняя часть была закрыта со всех сторон, а не так как сделано на рисунках.



Вилка регулятора вставляется в розетку сети, а вилка кипятильника в розетку регулятора. Только необходимо чтобы мощность кипятильника не превышала мощности диммера. Такой регулятор можно и для управления нагревом паяльника.