1. **ВВЕДЕНИЕ.**

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.

1. **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/см3; температурный коэффициент линейного расширения (при 20 оС) 6,6 × 10-6  К-1; удельная теплоемкость 0,46 × 103 Дж /(кг × К).

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 Cr2 O3 обладает амфотерными свойствами. Соединения Cr2++, обладающие основными свойствами, неустойчивы.

Электрически осажденный хром обладает рядом ценных свойств: высокой твердостью, износоустойчивостью, 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 износоустойчивости. 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. Наращивание 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

**3. 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 станов, 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.

**4. 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/дм2 |
| Защитно-декоративное (блестящее)  Износостойкое (твердое)  Молочное | 320-325  330-332  324-334 | 15-25  30-50  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.

1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ, КОРРЕКТИРОВАНИЕ И РАБОТА ХРОМОВЫХ ВАНН.
   1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА.

Химикаты для хромирования. Электролиты для хромовых ванн приготовляются из двух основных компонентов – хромового ангидрида и серной кислоты.

*Хромовый ангидрид* CrO3. 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 отечественною промышленностью хромовый ангидрид представляет собой плавленую кристаллическую массу темно-красного цвета. На воздухе хромовый ангидрид поглощает влагу.

*Серная кислота* H2SO4. 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 60-80о. 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 CrO3 по удельному весу.

Раствор после тщательного перемешивания подвергают анализу и, установив действительное содержание CrO3 и H2SO4, подсчитывают и дополнительно вводят недостающее количество компонентов.

**Проработка электролита.** Для нормального осаждения хрома рекомендуется содержание в электролите небольшого количества Cr3+, 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.

5.2. КОРРЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА.

### Для поддержания постоянной концентрации CrO3 и H2SO4 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 CrO3 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 H2SO4 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.

5.3. АНОДЫ.

Материалом анодов для ванны хромирования служит чистый свинец или сплав, состоящий из 92-93% свинца и 8-7% сурьмы. Аноды из сплава Pb или 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.

5.4. 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 сернокислой соли, протекает по следующему уравнению:

3K4Fe (CN)6 + 2Fe2 (SO4)3 = Fe4 [Fe (CN)6]3 + 6K2SO4

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 HNO3 в электролите, около 0,1-0,2 г/л, осадки хрома получаются темные. Поэтому примесь азотной кислоты в электролите не допускается.

* 1. 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 +- 1о. 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/дм2, 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/мд2), и постепенно увеличивать до установленной величины.

При хромировании рельефных деталей рекомендуется в начале электролиза произвести “толчок тока”; это особенно целесообразно в отсутствии 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.

5.6. 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 35-40о. 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 завешивают 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/дм2. 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.

5.7. 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 pH никелевого электролита. |
| Темные с коричневым оттенком и “пригаром” (частой сыпью) покрытия | Недостаточное содержание серной кислоты: отношение CrO3/H2SO4 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 |

1. **ТЕХНОЛОГИЯ ХРОМИРОВАНИЯ.**
   1. 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/дм2. Изделия из меди и медных сплавов анодному декапированию не подвергаются.

* 1. 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.

* 1. 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.

* 1. 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.

* 1. 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 – 56о

Катодная плотность тока Dк………………………….30 – 50 а/дм2

Температура электролита…………………………….66 – 68о

Катодная плотность тока Dк………………………….80 – 100 а/дм2

б) при осаждении молочного хрома:

Температура электролита ……………………………68 – 72о

Катодная плотность тока Dк………………………….25 – 30 а/дм2

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

Температура электролита ……………………………60 – 65о

Катодная плотность тока Dк………………………….30 – 35 а/дм2

При выборе режима хромирования следует считаться с рельефностью детали и формой применяемого анода, определяющими степень неравномерности распределения тока между ближними и дальними участками 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 однотипных 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 хромовом 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 стоя хрома. Расчет производится по формуле

τ = 1314 мин.,

где τ – время в мин.,

δ – толщина покрытия в мк,

Dk – катодная плотность тока в а/дм2,

η – 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 предъявляется 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.

Схемы расположения анодов стандартной формы при хромировании:

а – наружной; б – внутренней поверхности цилиндра.

Схемы завешивания деталей в ванну:

1. изоляция; 2 - металлическая (стальная) шайба; 3 – дополнительный катод из проволоки; 4 – слой осажденного хрома.
   1. 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 Na2CO3, 50 г/л Na3PO4, 30 г/л жидкого стекла при T = 60-65о. После промывки в горячей и холодной воде, деталь обрабатывают в цинкатном растворе (200 г/л ZnSO4 × 7H2O, 200 г/л NaOH) в течение 30-40 сек., затем промывают водой и производят обработку в разбавленном 1:1 растворе HNO3 в течение 5-7 сек. Деталь промывается в воде и вновь погружается в тот же цинкатный раствор на 10 сек. После промывки деталь замешивается в ванну хромирования (желательно под током) и хромируется при обычных режимах. Хорошие результаты дает также гидропескоочистка с завешиванием деталей, покрытых мокрым песком, под током в ванну хромирования.

* 1. 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/дм2. 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 имее целью получение хромовых покрытий с более высокими свойствами. Сюда следует отнести работы по получению особенно твердых, износостойкиз и коррозионностойких покрытий посредством карбидизации слоя электролитического хрома в парах бензина при T = 1050о. 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.

1. **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.

1. **ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.**
2. **“**Хромирование и железнение” авт. М.Б. Черкез.

Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы.

1. **“**Краткий справочник гальванотехника” авт. А.М. Ямпольский и В.А. Ильин. Ленинград “Машиностроение” 1981г.
2. “Гальванические покрытия в машиностроении” Справочник. Москва “Машиностроение” 1985г.