

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Эксплуатация и ремонт машин»

**«ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ
ХРОМИРОВАНИЕМ»**

Методические указания к лабораторной и самостоятельной работе
студентов Института механизации и технического сервиса
очной и заочной форм обучения по направлениям
«Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и
комплексов», «Техносферная безопасность» и по специальности
«Наземные транспортно-технологические средства»

УДК 621.357.77

ББК 30.83

Составители: Адигамов Н.Р., Гималтдинов И.Х., Шайхутдинов Р.Р.

Рецензенты: доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ к.т.н., Лукманов Р.Р.;
ст. преподаватель кафедры «Технология конструкционных материалов» Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ-КХТИ) Шайхетдинова Р.С.

Методические указания рассмотрены, утверждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» (протокол № 3 от «25» сентября 2017 г) и на заседании методической комиссии ИМ и ТС Казанского ГАУ, протокол № 3 от «9» ноября 2017 г.

Восстановление деталей электролитическим хромированием: Метод. указания к лабораторной и самостоятельной работе / Н.Р. Адигамов, И.Х. Гималтдинов, Р.Р. Шайхутдинов. – Казань, Изд-во Казанского ГАУ, 2017.-16 с.

В методических указаниях представлено описание ванного метода гальванического осаждения хрома. Приведен подробный порядок действий при подготовке электролита, деталей, анодов перед хромированием. Представлена методика расчета и выбора режимов хромирования.

Методические указания предназначены для студентов Института механизации и технического сервиса очной и заочной форм обучения по направлениям: «Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Техносферная безопасность» и по специальности «Наземные транспортно-технологические средства». Способствует формированию общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

УДК 621.357.77

ББК 30.83

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Закрепить знания о физической сущности, особенностях и области применения электролитического хромирования при восстановлении изношенных деталей.
2. Ознакомиться с оборудованием, инструментом и материалами, применяемыми при хромировании.
3. Получить практические навыки по расчету и подбору режимов и по ведению процесса хромирования, включая приготовление электролита и подготовку детали.

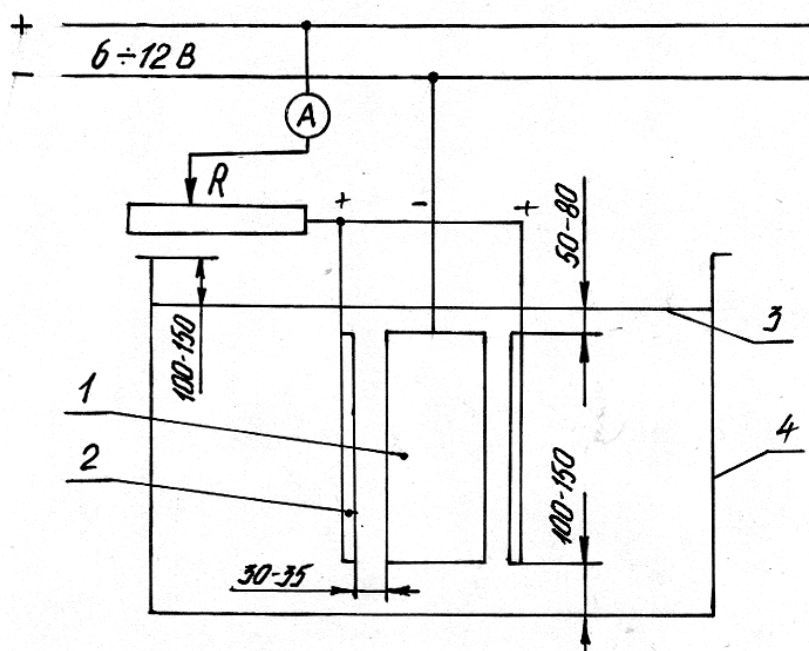
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Свыше 85% деталей тракторов и автомобилей и 95% деталей двигателей выбраковывают при износе не более 0,3 мм. Их целесообразно восстанавливать гальваническими покрытиями, которые имеют следующие преимущества по сравнению с другими способами:

- отсутствие термического воздействия на детали, вызывающего нежелательные изменения структуры и механических свойств;
- получение с большой точностью заданной толщины покрытия, что позволяет свести до минимума припуск на последующую механическую обработку и ее трудоемкость или вовсе исключить обработку;
- осаждение покрытий с заданными, непостоянными по толщине физико-механическими свойствами;
- одновременное восстановление большого числа деталей (в ванну загружают десятки деталей), что снижает трудоемкость и себестоимость единицы изделия;
- возможность автоматизации процесса.
- высокая износостойкость покрытия может быть получена хромированием, так как электролитический хром имеет большую твердость, низкий коэффициент трения, высокую теплопроводность, жаростойкость и коррозионную стойкость.

Хромирование в отличие от других гальванических процессов происходит не в солевом растворе, а в хромовой кислоте H_2CrO_4 , получаемой растворением хромового ангидрида CrO_3 в дистиллированной воде. Выделение металлического хрома на катоде – детали 1 (рисунок 1) происходит лишь в присутствии серной кислоты, количество которой определяется соотношением: $CrO_3 / H_2SO_4 = 90...120$.

Кроме того, на катоде шестивалентный хром восстанавливается до трехвалентного и происходит выделение водорода. На эти побочные процессы расходуется значительная часть тока, что обуславливает низкий выход по току при хромировании (13...15%).



1 - катод (деталь); 2 - анод; 3 - уровень электролита; 4 - ванна.

Рисунок 1 - Схема установки для хромирования

Выходом по току или к.п.д. ванны называют отношение действительного количества выделенного вещества к теоретически возможному.

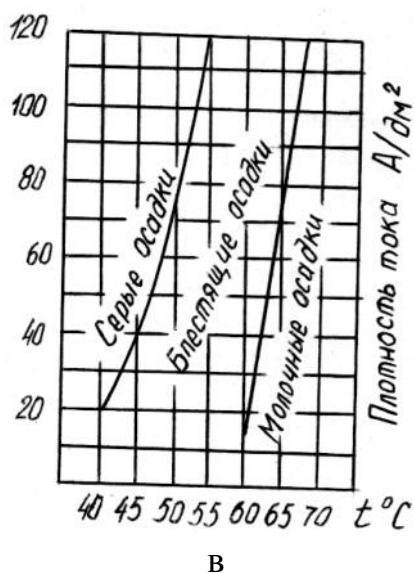
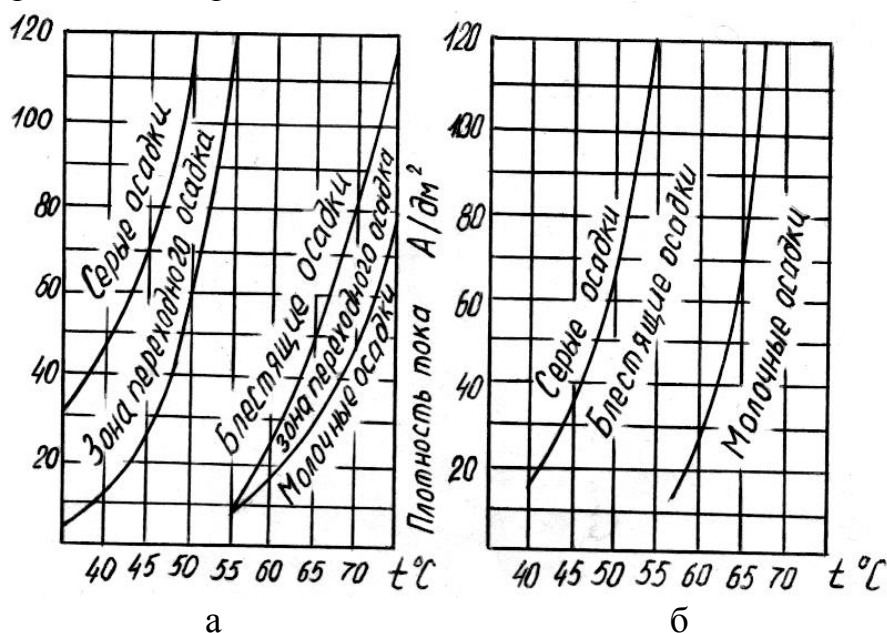
Хром в процессе электролиза расходуется их электролита, так как аноды, обычно изготавливаемые из сплава свинца с сурьмой (7...8%), являются нерастворимыми. Растворимые аноды из металлического хрома применить невозможно, так как они растворяются в 7...8 раз быстрее, чем хром осаждается на катоде, что приводит к непрерывному увеличению концентрации трехвалентных ионов хрома в растворе и к нарушению работы ванны. Концентрация трехвалентного хрома в электролите может увеличиться и при нерастворимых анодах, если не будет выдержано оптимальное отношение катодной плотности тока к анодной, которое должно быть равным 1,5...2. Это достигается тем, что площадь анодов берется в 1,5...2 раза больше покрываемой хромом площади катода.

Основными факторами, влияющими на качество хромового покрытия, являются состав электролита, его температура и катодная плотность тока, в зависимости от которых можно получать покрытия с различными свойствами (рисунок 2).

Матовые (серые) осадки имеют высокую твердость (микротвердость 10000...12000 мН/м²), но большую хрупкость и пониженную износостойкость. В ремонтном производстве не применяются. Эти осадки получают при низких температурах (35°C) и любой плотности тока.

Блестящие осадки характеризуются высокой твердостью ($7000 \dots 10000 \text{ мН/м}^2$) и износостойкостью. Они выпадают в узком интервале температур ($45 \dots 55^\circ\text{C}$) и широком интервале плотностей тока.

Молочные осадки обладают пониженной твердостью ($5000 \dots 7000 \text{ мН/м}^2$), но хорошей вязкостью и высокой износостойкостью и коррозионной стойкостью. Эти осадки получаются при низких плотностях тока ($15 \dots 40 \text{ А/дм}^2$) и высоких температурах (60°C и выше). На рисунке 2 показаны диаграммы расположения зон различных хромовых осадков.



- а) для разведенной ванны CrO_3 - 150 г/л;
- б) для универсальной ванны CrO_3 - 250 г/л;
- в) для концентрированной ванны CrO_3 - 350 г/л.

Рисунок 2 - Диаграммы расположения зон различных хромовых осадков

В зависимости от концентрации электролиты делятся на три типа.

Разведенный (CrO_3 - 150 г/л, H_2SO_4 - 1,5 г/л) электролит дает твердые осадки и быстро истощается. Он применяется для получения твердых осадков на деталях простой формы.

Универсальный (CrO_3 - 250 г/л, H_2SO_4 - 2,5 г/л) электролит истощается медленно и применяется для получения твердого, пористого износостойкого и декоративного хромирования.

Концентрированный (CrO_3 - 350 г/л, H_2SO_4 - 3,5 г/л) электролит дает сравнительно мягкие осадки и применяется для декоративного хромирования.

В настоящее время кроме указанных разработано большое количество других электролитов. Например, для поддержания количества анионов SO_4 в электролите на постоянном уровне туда добавляют с избытком труднорастворимый сульфат стронция, который автоматически компенсирует убыль ионов SO_4 . Такой электролит называется саморегулирующимся

В Кишиневском СХИ разработан саморегулирующийся холодный электролит следующего состава: 400...420 г/л хромового ангидрида; 60...65 г/л углекислого кальция; 18...20 г/л сернокислого кобальта. Электролиз ведется при температуре 18...25°C и катодной плотностью тока 100...300 А/дм². Выход по току составляет 35...40%, а микротвердость покрытия достигает 9000...12000 мН/м². При этом отпадает необходимость в подогреве ванны, а температура поддерживается посредством змеевика, через который пропускают проточную холодную воду.

Для восстановления деталей, работающих в условиях значительных нагрузок, где требуется высокая износостойкость, применяют молочные осадки, а при небольших и средних нагрузках – блестящие и молочно-блестящие.

Хромовые покрытия отличаются плохой смачиваемостью, поэтому в случаях работы деталей с недостатком смазки применяется пористое хромирование. Поры удерживают смазку, что приводит к увеличению износостойкости как хромированной, так и сопряженной с ней детали.

Пористое хромирование производят электролитическим, химическим или механическим способами. При электрохимическом способе после покрытия детали гладким хромом переключают полюса и в течении 8...10 минут подвергают покрытие анодному травлению. При химическом способе хромированную поверхность подвергают травлению соляной кислотой. И в том и в другом случае происходит растворение хрома по граням всегда имеющихся тончайших трещин и образование каналов, обладающих капиллярными свойствами. Механический способ заключается в нанесении перед хромированием на поверхности детали углублений (насечка, накатка).

Общим недостатком электролитических хромовых покрытий является низкая производительность процесса, в результате чего скорость осаждения обычно не превышает 0,04...0,05 мм/час на сторону. Следующим недостатком является невозможность получения осадков большой толщины. Это объясняет-

ся бурным ростом кристаллов (дендритов) и увеличением остаточных растягивающих напряжений в осажденном слое. На практике получают покрытия толщиной не более 0,3 мм.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1-й этап - самостоятельное изучение темы и подготовка письменного отчета по следующим вопросам:

- 1.1 Чем отличается хромирование от других гальванических процессов? Почему низок выход по току?
- 1.2 Почему при хромировании не применяются растворимые аноды из металлического хрома?
- 1.3 Виды осадков при хромировании, их свойства, область применения и условия получения.
- 1.4 Основные факторы, влияющие на качество хромового покрытия.
- 1.5 Типы электролитов и область их применения.
- 1.6 Способы получения пористого хрома, его свойства и область применения.
- 1.7 Техника безопасности при хромировании.
- 1.8 Как определить концентрацию хромового ангидрида в электролите?
- 1.9 Приготовление и корректировка электролита.
- 1.10 Для чего производится термообработка хромированных деталей?
- 1.11 Область применения хромирования при восстановлении деталей.

2-й этап – непосредственное выполнение следующих этапов работы по осаливанию деталей в лаборатории университета:

- 2.1 Получить изношенные детали и обосновать целесообразность их восстановления электролитическим хромированием.
- 2.2 Выполнить необходимые подготовительные операции перед наращиванием детали.
- 2.3 Рассчитать время процесса хромирования для получения осадка заданной толщины.
- 2.4 Установить режимы процесса и произвести наращивание.
- 2.5 Выполнить необходимые заключительные операции после наращивания.
- 2.6 Определить толщину полученного осадка, скорость осаждения хрома и выход по току, заполнить технологическую карту на восстановление (таблица 1)

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Гальваническая ванна ОГ-1349А (заполненная электролитом для хромирования) с вытяжной вентиляцией.
2. Выпрямитель тока ВСА-600/300-1.
3. Набор свинцовых анодов.
4. Подвесные приспособления (подвески) для завешивания деталей в ванну.
5. Верстак слесарный с тисками (стол) для монтажа деталей на подвески.
6. Ванночка с венской известью или карбидным илом.
7. Ванны для проточной холодной и горячей воды.

8. Ванны с дистиллированной водой для сбора электролита.
9. Цапон-лак (раствор целлулоида в ацетоне) и другие изоляционные материалы.
10. Сушильный шкаф.
11. Кисти и щетки волосяные.
12. Аналитические весы ВА-200.
13. Микрометры 0-25 и 25-50 мм.
14. Штангенциркуль.
15. Часы и секундомер СМ-60.
16. Лупа.
17. Резиновая груша.
18. Ванна с 5%-ным раствором щелочи (каустической соды).
19. Термометр от 0 до 100⁰С - 2 шт.
20. Ареометр 1,0-1,6 г/см³ - 2 шт.
21. Набор посуды и принадлежностей для взятия пробы электролита (стеклянная трубка длиной 600-800 мм, коническая колба емкостью 1 л, стеклянной мерный цилиндр, пипетка).
22. Серная кислота.
23. Дистиллированная вода.
24. Хромовый ангидрид.
25. Ацетон.
26. Высококачественный (чистый) бензин.
27. Нашатырный спирт.
28. 1%-ный раствор гипосульфита.
29. Сухие деревянные опилки для сушки деталей.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Лаборатория электролитических покрытий, ввиду особой вредности ряда процессов, должна быть оборудована мощной приточно-вытяжной вентиляцией. В случае прекращения действия вентиляции (особенно местной вытяжной вентиляции от ванны хромирования) в процессе работы необходимо немедленно выключить ток на ваннах хромирования.

2. Ввиду вредности электролитов работать следует в спецодежде (халатах, фартуках, резиновых перчатках и защитных очках).

3. Во время приготовления растворов из кислот запрещается лить воду в кислоту, следует лить кислоту в воду. Для защиты глаз, рук при этом нужно пользоваться защитными очками и резиновыми перчатками.

4. При попадании на кожу электролита его нужно немедленно смыть проточной водой, а оставшиеся на коже пятна смазать 5-ти процентным раствором гипосульфита или смесью этилового спирта, соляной кислоты и воды, взятых в равных частях, а затем промыть водой.

5. При попадании на кожу щелочного раствора его нужно смыть проточной водой или слабым раствором уксусной кислоты и проточной водой.

6. Особую осторожность нужно соблюдать при обращении с соляной и серной кислотами. В случае ожога обожженное место нужно обмыть водой (при попадании на кожу серной кислоты обожженное место немедленно залить нашатырным спиртом, а затем тщательно промыть водой).

7. Рабочим, постоянно работающим у ванн, перед работой необходимо смазать носовую полость, руки и лицо вазелином или мазью, состоящей из одной части вазелина и одной части ланолина (для профилактической защиты от вредного действия испарений хромовой ванны).

8. Перед началом работы хромировщик должен произвести осмотр состояния кожи лица и рук (наличие ссадин, царапин, сыпи и т.д.). При обнаружении болезненных явлений кожи запрещается приступать к работе и следует обратиться в медпункт.

9. При попадании хромового электролита в глаза их следует промыть 1%-ным раствором гипосульфита и водой. Для этого на рабочем месте должен быть установлен специальный водопроводный кран.

10. Загрузку и выгрузку деталей, перемещение хромового электролита, засыпку хромового ангидрида и добавление серной кислоты необходимо производить осторожно, малыми порциями, при включенной вентиляции, в предохранительных очках и резиновых перчатках.

11. При отбирании пипеткой пробы раствора (электролита) для анализа следует пользоваться резиновой грушей. Категорически запрещается набирать раствор в пипетку ртом, а также засасывать ртом растворы через шланги и стеклянные трубки.

12. Завешивать детали под током в ванну с электролитом категорически запрещается.

13. Запрещается производство каких-либо работ (чистку штанг, анодов и т.п.) над поверхностью ванны.

14. Чистку штанг, зажимов и свинцовых анодов следует выполнять перед началом работы во влажном состоянии, смачивая металлические щетки или стеклянную бумагу водой.

15. Все металлические ванны (установки) и источники тока должны быть заземлены, а источники тока кроме того должны быть вынесены за пределы участка.

16. После работы необходимо для уменьшения испарения электролита закрыть ванны крышками и тщательно вымыть руки с мылом.

17. В гальванической лаборатории категорически запрещается пить, курить, принимать пищу.

18. Нейтрализующие составы должны храниться в аптечке, расположенной на видном месте.

19. Куски твердой щелочи и солей следует брать стальными щипцами, щелочь порошкообразную или в мелких кусках - стальным совком.

20. Сливать в канализационную систему горючие вещества (бензин, керосин и др.), а также кислоты и концентрированные кислые растворы (без

предварительной их нейтрализации гашеной известью, содой или едким натром до нейтральной реакции в специальном сборнике) категорически запрещается.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип действия и устройство хромировочной установки ОГ-1349А, ознакомиться с пультом управления и местами подвода постоянного тока и присоединения анодов и катодов к штангам.

2. Определить концентрацию хромового ангидрида в электролите при помощи ареометра и термометра. Концентрация хромового ангидрида определяют по номограмме (рисунок 3). С этой целью в электролит одновременно погружают ареометр и термометр и замеряют плотность и температуру электролита. Отметив их на соответствующих шкалах (А и В), соединяют эти точки прямой линией. Точка пересечения этой линии со шкалой Б и показывает концентрацию хромового ангидрида. Для универсальной ванны концентрация хромового ангидрида должна быть 200...250 г/л. Если концентрация вследствие истощения электролита недопустимо снизилась, нужно добавить необходимое количество хромового ангидрида в ванну, предварительно разогрев ее до 60°C.

Для определения содержания в электролите серной кислоты, а также трехвалентного хрома и других примесей необходимо не реже 1 раза в месяц проводить полный химический анализ электролита.

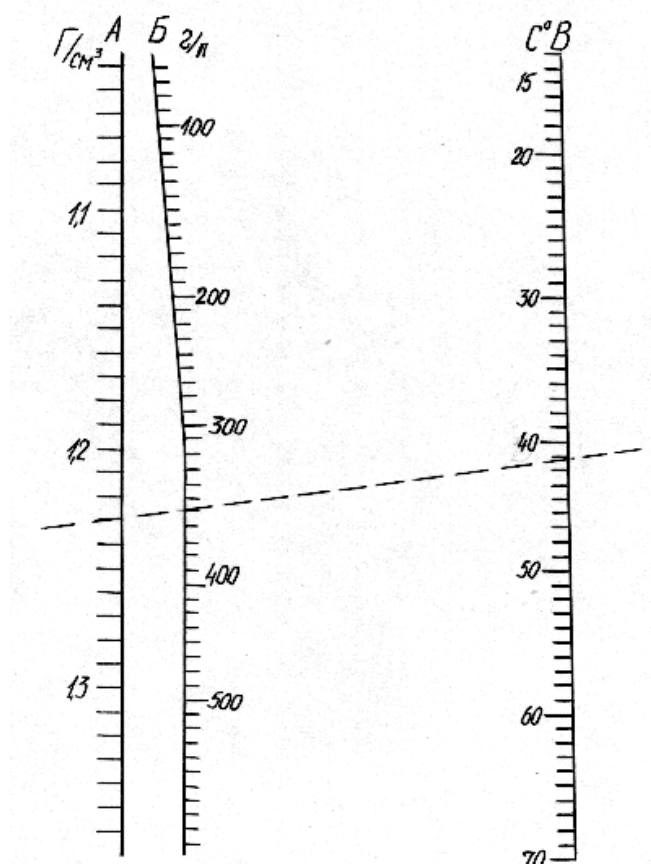


Рисунок 3 - Номограмма для определения концентрации хромового ангидрида по плотности (шкала А) и температуре (шкала В) электролита.

В случае пониженного содержания серной кислоты, недостающее количество осторожно добавляют в ванну, тщательно перемешивают электролит и дают ему отстояться. За счет частых добавок хромового ангидрида (в котором содержание серной кислоты достигает до 0,5%) в электролите может появиться излишек серной кислоты, который необходимо удалить. Для этого в нагретый до 50...60°C электролит следует ввести углекислый барий из расчета 2 г на 1 г удаляемой кислоты. Электролит перемешивают и отстаивают в течении суток. Образовавшийся серно-кислый барий оседает на дно ванны и не мешает процессу хромирования. Если содержание трехвалентного хрома ниже нормы (что, как правило, бывает в свежеприготовленном электролите), необходимо провести проработку электролита при условии, что площадь плоских стальных катодов будет в 2...4 раза больше площади плоских свинцовых анодов. При повышенном содержании трехвалентного хрома проводят противоположную проработку, то есть при условии, что площадь свинцовых анодов будет в несколько раз больше площади стального катода.

3. Взять заданные для восстановления детали (поршневые пальцы, например) и определить размеры поверхностей покрытий, измерив диаметр и длину мест хромирования; взвесить детали и занести полученные данные в тетрадь. Детали должны быть предварительно прошлифованы и отполированы с целью устранения следов износа и придания им правильной геометрической формы и шероховатости поверхности.

4. Определить необходимую силу тока в амперах по формуле:

$$J_0 = D_k \cdot F_0, \quad (1)$$

где D_k - катодная плотность тока, А/дм² (для износостойкого покрытия поршневых пальцев - 35 А/дм²);

F_0 - общая поверхность, покрываемая хромом, дм².

При определении F_0 учитывается не только поверхность детали F_0 , но и неизолированная поверхность подвески, которая тоже будет покрываться хромом.

5. Определить расчетную продолжительность осаждения хрома в часах:

$$t_p = \frac{10 \cdot h \cdot \gamma}{D_k \cdot E \cdot \eta}, \quad (2)$$

где h - толщина слоя покрытия на сторону, мм (0,04...0,15);

γ - плотность покрытия, г/см³ (для хрома $\gamma=6,9$ г/см³);

E - электрохимический эквивалент (для хрома $E=0,324$ г/А·ч);

η - выход по току (для хрома $\eta=0,13...0,18$).

Значения h и η берутся по согласованию с преподавателем.

6. Промыть детали чистым бензином или керосином и просушить их (обдуть сжатым воздухом).

7. Собрать детали на подвеску.

8. Изолировать места деталей и подвески, не подлежащие хромированию, в 2...3 слоя цапон-лаком или другим составом.

9. Произвести химическое обезжиривание деталей вместе с подвеской, для этого с помощью волосяной щетки или кисти покрывают детали венской известью или карбидным илом и тщательно протирают в течение 1,5...2 минут, а затем промывают в горячей проточной воде и в холодной проточной воде. Признаком хорошего обезжиривания служит полная смачиваемость поверхности водой. На практике иногда применяют и электролитическое обезжиривание в специальных щелочных ваннах, однако этот способ неприемлем для деталей и высокопрочных сталей.

10. Подготовить аноды. В процессе электролиза поверхность анодов покрывается темным слоем двуокиси свинца, а во время перерывов электролиза - хромовокислым свинцом оранжевого цвета, имеющим высокое электрическое сопротивление. Поэтому на время простоя ванны аноды извлекают из электролита и хранят в воде. Аноды периодически очищают стальными щетками до металлического блеска. Чтобы облегчить удаление твердой пленки, аноды обрабатывают в разбавленной соляной кислоте (1:1) или горячем растворе едкого натра (100 г/л). Разрыхленная таким путем пленка легко удаляется щетками.

Аноды для хромирования наружных поверхностей деталей обычно имеют форму полосы шириной 50...80 мм и толщиной 3...6 мм или цилиндра, размеры которого зависят от размеров детали. Площадь анодов должна в 1,5...2 раза превышать общую площадь F_0 , покрываемую хромом. В этом случае концентрация трехвалентного хрома будет поддерживаться на оптимальном уровне. С учетом этих соображений нужно подобрать и очистить аноды.

11. Завесить подвеску с деталями и аноды в ванну, предварительно зачистив наждачной бумагой места контактов со штангами. Взаимное расположение анодов и катодов показаны на рисунке 1.

При завешивании в ванну необходимо, чтобы все участки анодов были одинаково удалены от противоположных участков катода: при этом толщина слоя хрома откладывается равномерно по всей поверхности детали. Поэтому при хромировании цилиндрических деталей следует устанавливать аноды не с двух, а с четырех или шести сторон, а еще лучше применять аноды цилиндрической формы.

Практикой хромирования выработано много конструкций анодов и экранов, а также способов их размещения (рисунок 4), что необходимо учитывать с целью получения одинаковой толщины покрытия на всех участках хромируемых деталей.

Для улучшения равномерности покрытия используют следующие приемы:

- устанавливают дополнительные (рисунок 4, а) и фигурные аноды (рисунок 4, д), повторяющие форму покрываемых деталей так, чтобы расстояния между всеми участками катода и анода были примерно равными;
- используют дополнительные катоды (рисунок 4, б и в), забирающие на себя часть тока, что предохраняет выступающие участки и кромки изделий от образования наростов («пригаров») и дендритов. Они должны иметь электрическую связь с покрываемой деталью;
- применяют неметаллические (неэлектропроводные) экраны (рисунок 4, в), которые выполняют ту же функцию, что и дополнительные катоды, но в отличие от них не требуют затрат энергии;
- увеличивают расстояние между покрываемыми деталями и анодами, в результате чего уменьшается относительная разность расстояний между выступающими и углубленными участками деталей и анодами.

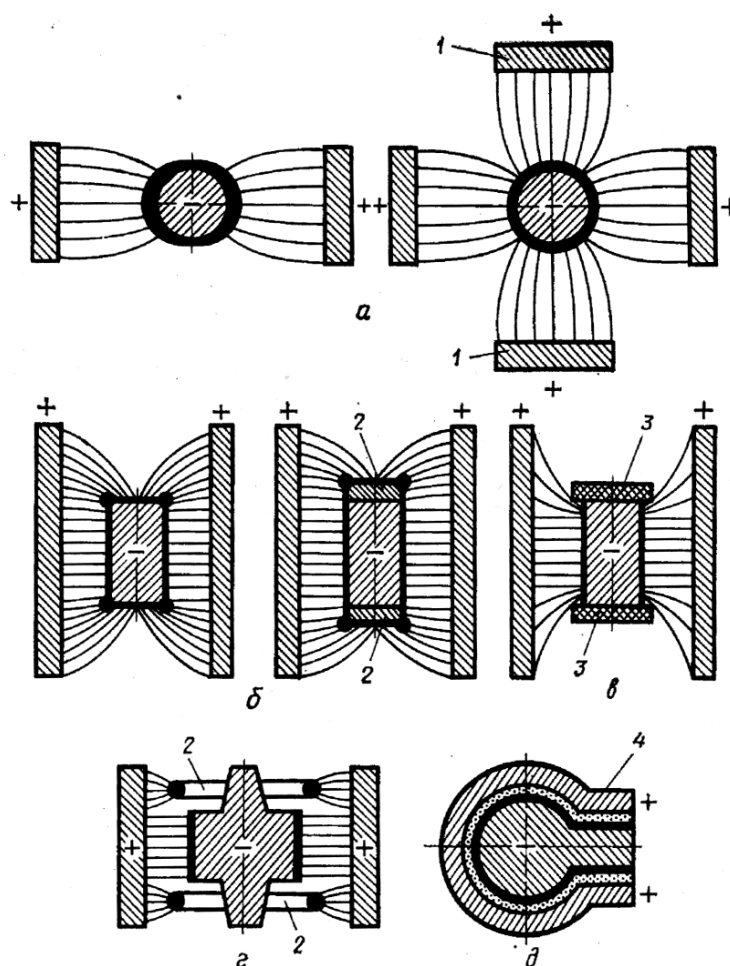


Рисунок 4 - Практические приемы уменьшения неравномерного отложения хрома

12. Через 5...8 минут, когда детали прогреются до температуры электролита произвести декапирование, для чего включить "обратный ток" (деталь

на +) на 30...60 секунд в при $D_k=20...40$ А/дм². Декапированием добиваются удаления окисной пленки с поверхности детали.

13. Переключить ванну на "прямой ток" (деталь на –), отрегулировать величину тока в соответствии с расчетом и зафиксировать время начала хромирования.

14. Произвести хромирование, выдержав деталь в ванне установленное время. Периодически проверять соблюдение режимов (сила тока и температура). Температура не должна отклоняться от установленной (например, 67°C) более чем на +1°C. Перерыв тока не допускается во избежание отслаивания покрытия. Время, в течение которого идет электролиз, следует использовать для оформления отчета.

15. Вынуть детали из ванны и промыть их вместе с подвеской в бачке с дистиллированной водой. Это делается в целях экономии дорогого хромового ангидрида. Затем эта вода вместе со смытым электролитом выливается в ванну хромирования, тем более, что воду все равно приходится добавлять ежедневно вследствие ее испарения и уноса вентилятором в процессе электролиза.

16. Промыть деталь в холодной и в горячей (70...80°C) воде.

17. Снять детали с подвески, произвести их сушку и термообработку в сушильном шкафу при температуре 150...200°C в течение 1...2 часов с целью удаления водорода, который придает покрытию излишнюю хрупкость.

18. Визуально, пользуясь лупой, определить качество покрытия.

19. Измерить детали, взвесить их и определить толщину покрытия, скорость осаждения хрома и фактический выход по току:

$$h_{\phi} = \frac{d_2 - d_1}{2}, \quad (3)$$

где h_{ϕ} - фактическая толщина покрытия, мм;

d_1 - диаметр детали до хромирования, мм;

d_2 - диаметр детали после хромирования, мм.

$$V_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{t_{\phi}}, \quad (4)$$

где V_{ϕ} - фактическая скорость осаждения хрома, мм/ч;

t_{ϕ} - фактическая продолжительность хромирования, час.

$$\eta_{\phi} = \frac{G_2 - G_1}{G_T}, \quad (5)$$

где η_{ϕ} - фактический выход по току (к.п.д. ванны);

G_1 - масса детали до хромирования, г;

G_2 - масса детали после хромирования, г;

G_T - теоретическое количество хрома, которое должно выделиться на детали, г.

$$G_T = E \cdot J_{\partial} \cdot t_{\phi}, \quad (6)$$

где $J_{\partial} = J_{\phi} \cdot \frac{F_{\partial}}{F_0}$ часть общего тока, приходящаяся собственно на деталь, А;

F_{∂} - поверхность покрытия собственно детали, дм²;

J_{ϕ} - фактически потребляемый ток (по показаниям прибора), А.

Таблица 1- Технологическая карта на восстановление детали хромированием.

№ пп	Перечень операций	Оборудование, приспособления и инструмент	Режимы и технические условия
1	2	3	4

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Основные и вспомогательные технологические процессы: Лабораторный практикум – 5-е изд., стер. – М.: Изд-кий центр «Академия», 2013. – 176 с.
2. Виноградов В.М. Технологические процессы ремонта автомобилей: учебное пособие / В.М.Виноградов. – М.: Изд-кий центр Академия, 2011. - 432 с.
3. Магомедов Р. А. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Т. Лебедев, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин и др.; Ставропольский гос. аграрный ун-т. – Ставрополь, 2014. – 96 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=514975>
4. Пучин Е.А., Дидманидзе О.Н., Лезин П.П., Лисунов Е.А., Кравченко Н. И. Надежность технических систем.- М.: УМЦ «Триада», 2005.-353 с.
5. Технология ремонта машин: Учебник для вузов / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, В.С. Новиков и др.: Под редакцией Е.А. Пучина.-М.: УМЦ «ТРИАДА».-Т.І, 2006.-348 с.
6. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.; Под ред. В.В. Курчаткина – М.: Колос, 2000.-776 с.