

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»

«ВНЕВАННОЕ ОСТАЛИВАНИЕ»

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.

Вневанное осталивание: 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 вневанного метода гальванического осаждения железа. Приведен подробный порядок действий при подготовке электролита, деталей перед железнением. Представлена методика расчета и выбора режимов железнения вневанным методом.

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 осталивания при восстановлении изношенных деталей.
2. Ознакомиться с оборудованием, инструментами и материалами, применяемыми при осталивании.
3. Получить практические навыки по расчету и подбору режимов, ведению процесса вневанного осталивания, включая приготовление электролита и подготовку детали.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

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

- 1.1 Преимущества и недостатки осталивания по сравнению с хромированием.
- 1.2 Электролиты, применяемые при осталивании.
- 1.3 Порядок приготовления, контроля и корректирования электролита для осталивания.
- 1.4 Факторы, влияющие на твердость покрытия при осталивании.
- 1.5 Факторы, влияющие на производительность процесса осталивания.
- 1.6 Основное оборудование, применяемое при осталивании.
- 1.7 Сущность и преимущества осталивания на асимметричном токе.
- 1.8 Сущность вневанного осталивания.
- 1.9 Область применения осталивания при ремонте машин.
- 1.10 Значение и технология подготовки детали к осталиванию.
- 1.11 Назначение анодного декапирования.

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

- 2.1 Получить изношенную деталь и обосновать целесообразность ее восстановления осталиванием.
- 2.2 Выполнить необходимые подготовительные операции перед наращиванием детали.
- 2.3 Рассчитать время процесса осталивания 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 и его выход по току и заполнить технологическую карту на восстановление гнезда КПП (таблица 3)

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Селеновый выпрямитель ВСА-5 или ВСГ-3А.
2. Рубильник 2-х полюсный.
3. Штангенциркуль.

4. Нутромер индикаторный 100-125 мм и 125-150 мм.
5. Стол, верстак.
6. Электродвигатель мощностью 125 Вт ПА-23-Х14-1 с гибким валом и круглой щеткой на конце Ø 110...120 мм или ручная полукруглая металлическая щетка.
7. Анод длиной 60 мм, диаметром 50 мм из стали 10 с чехлом из стеклоткани или шерстяной ткани.
8. Кольцо и стакан со спускным фибровым краном и спускным шлангом, уплотняющие резиновые прокладки, разжимное приспособление с упорной планкой.
9. Двухлитровая эмалированная кружка с крышкой.
10. Электроплитка для подогрева электролита.
11. Термометр до 100°C.
12. Дистиллированная вода и химикаты для приготовления электролита (соляная кислота и двухлористое железо или опилки из малоуглеродистой стали).
13. Войлочный фильтр.
14. Ареометр.
15. Индикаторная бумага для определения кислотности электролита.
16. Технические весы с разновесами.
17. Мерная кислотостойкая посуда.
18. Деревянные палочки с тампоном из шерстяной ткани на конце.
19. Высококачественный (авиационный) бензин.
20. 50% раствор соляной кислоты.
21. 10% раствор щелочи (каустической соды).
22. Ветошь.
23. Спецодежда (халаты, резиновые перчатки).
24. Часы.
25. Лупа.
26. Корпус коробки передач.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Перед началом работы включить приточно-вытяжную вентиляцию.
2. Работу следует выполнять в спецодежде (халатах, резиновых перчатках).
3. Во время приготовления растворов из кислот запрещается лить воду в кислоту, нужно лить кислоту в воду.
4. Особую осторожность нужно соблюдать при обращении с соляной кислотой. В случае ожога обожженное место нужно обмыть водой.
5. При попадании в глаза или на кожу электролита их следует сразу обмыть проточной водой.
6. Металлические ванны (установки) и выпрямительный агрегаты должны быть заземлены.
7. В лаборатории категорически запрещается курить, пить и принимать пищу.
8. Травление металлической стружки в растворе соляной кислоты при приготовлении электролита следует вести небольшими порциями в вытяжном шкафу (при включенной вентиляции).
9. После работы необходимо тщательно вымыть руки с мылом.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Железнение представляет собой процесс гальванического осаждения железа из водных растворов его солей при прохождении через электролит постоянного тока низкого напряжения. В связи с тем, что получаемый осадок по своим свойствам подобен закаленной стали, процесс чаще всего называют осталиванием.

Осталивание обладает следующими преимуществами перед хромированием: более высокие значения выхода по току (80...95%) и электрохимического эквивалента железа (1,042 г/А · ч); высокая скорость осаждения металла (0,1...0,4 мм/ч), а при интенсификации процесса до 1 мм/ч и более; возможность получения осадков большей толщины (до 3 мм); низкая стоимость Атериалов для приготовления электролитов; меньший расход электроэнергии на единицу покрытия.

Аноды при осталивании – растворимые, изготавливаются из малоуглеродистой стали, с содержанием углерода до 0,20%. Для защиты электролита от загрязнения шламом, образующимся при растворении анодов, их рекомендуется помещать в чехлы из стеклоткани или шерстяной ткани.

Для осталивания применяются различные электролиты: сернокислые, хлористые и др. Для улучшения свойств электролита и качества покрытий в электролит рекомендуется вводить различные органические или неорганические присадки: сахар, глицерин, аскорбиновую кислоту, соли никеля, кобальта, натрия, марганца и др.

Добавление хлористого марганца способствует получению гладких и мелкозернистых осадков. Хлористый натрий улучшает электропроводность электролита и увеличивает твердость покрытий. Гидразин и аскорбиновая кислота предохраняют электролит от окисления и способствуют получению плотных мелкозернистых покрытий.

Хлористые электролиты отличаются повышенным содержанием железа и большой активностью ионов, что обеспечивает высокую производительность процесса. Сернокислые электролиты в меньшей степени подвержены окислению и имеют меньшую агрессивность.

Различают горячие и холодные электролиты, наиболее распространенные из которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав электролитов и режимы электролиза при осталивании.

Наименование компонентов и режим работы	Горячий электролит	Холодные электролиты		
		№1	№2	№3
1	2	3	4	5
Сернокислое железо, г/л	-	-	-	200
Хлористое железо, г/л	200...500	400...600	400...600	150...200
Хлористый натрий, г/л	100	-	-	-
Гидразин солянокислый, г/л	-	3...5	-	-
Кислотность, рН	1,2...2,2	0,6...1,5	0,5...1,3	0,6...1,2

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5
Аскорбиновая кислота, г/л	-	-	0,5...2,0	-
Температура электролита, °С	60...90	20...50	20...50	20...50
Плотность тока, А/дм ²	10...50	15...40	10...40	10...40
Выход по току, %	80...95	85...90	85...92	85...92

Горячие хлористые электролиты (электролиз ведется при температуре 60...95°С) вызывают сильную коррозию оборудования. Процесс электролиза сопровождается интенсивным испарением электролита, что вредно сказывается на здоровье работающих. Тем не менее, горячее осталивание нашло широкое распространение в ремонтном производстве как более производительное.

Холодные электролиты (температура ниже 50°С) лишены указанных недостатков; кроме того, они более устойчивы против окисления.

Условия электролиза оказывают решающее влияние на процесс формирования и механические свойства гальванических покрытий. Изменяя состав электролита и режим электролиза, можно получать покрытия с различными механическими свойствами. Увеличение плотности тока, как правило, способствует повышению твердости покрытия (рисунок 1). Повышение температуры электролита способствует получению более мягких крупнозернистых покрытий (рисунок 2). Концентрация и кислотность электролита также оказывают заметное влияние на твердость покрытия. Так, с увеличением содержания хлористого железа в электролите твердость покрытия уменьшается (рисунок 3, кривая 1). Увеличение содержания свободной соляной кислоты в электролите, о чем судят по снижению величины рН, также приводит к уменьшению твердости покрытия (рисунок 3, кривая 2).

Таким образом, изменяя режим осталивания, можно получать покрытия с твердостью от 2000 до 8000 МПа.

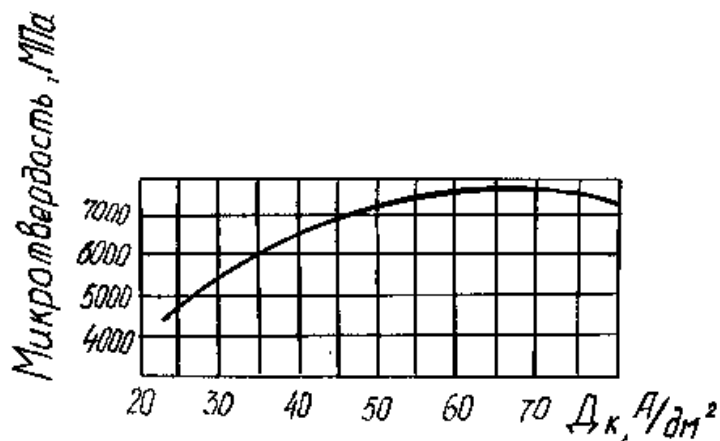


Рисунок 1 - Влияние катодной плотности тока на микротвердость покрытия

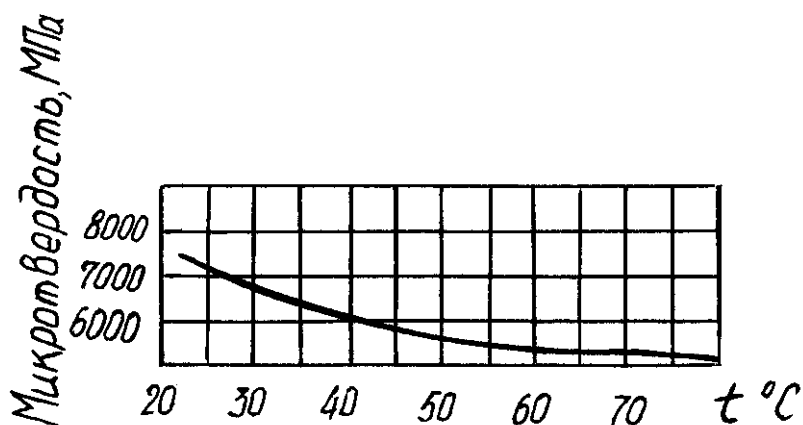


Рисунок 2 - Влияние температуры электролита на микротвердость покрытия

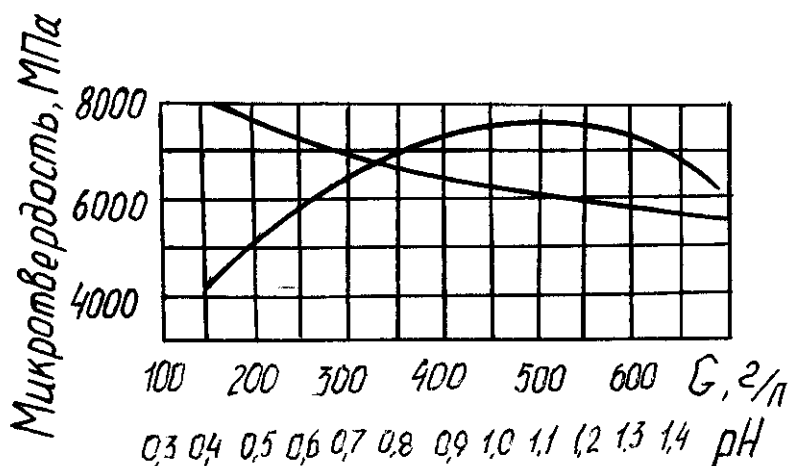


Рисунок 3 - Влияние концентрации хлористого железа (1) и кислотности электролита (2) на величину микротвердости покрытия

Поиски путей интенсификации и расширения технологических возможностей процесса осталивания, а также повышения качества получаемых покрытий привели в последние годы к применению асимметричного тока и внеанодного процесса при осаждении железа.

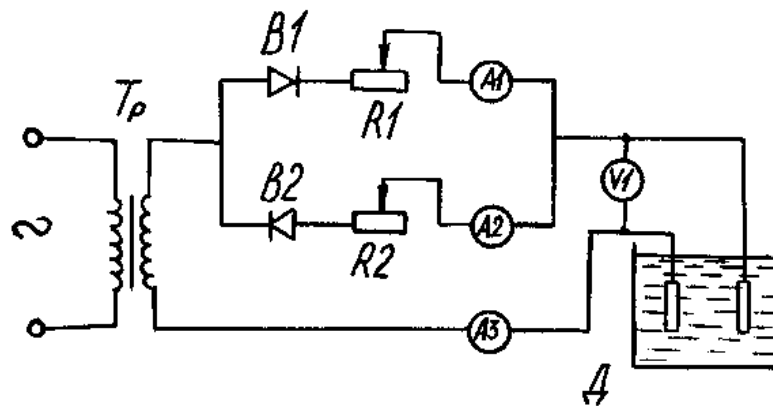
Асимметричный периодический ток получается в результате наложения переменного тока на постоянный (выпрямленный). Схема установки для получения асимметричного тока показана на рисунок 4. Встречно-параллельное включение полупроводниковых вентилях В1 и В2 позволяет разделить переменный ток на составляющие: прямой (отрицательный) импульс проходит только через вентиль В1, так как вентиль В2 для него закрыт; обратный (положительный) импульс, наоборот, может проходить только через вентиль В2. При помощи реостатов R1 и R2 можно независимо регулировать эти импульсы, задавая им различные амплитуды J_m^k и J_m^a (рисунок 5). Отношение средних значений катодного и анодного импульсов называется катодно-анодным показателем.

$$\beta = \frac{J_c^k}{J_c^a} \quad (1)$$

где J_c^k и J_c^a берутся по показаниям амперметров A_1 и A_2 .

При прохождении катодного тока происходит осаждение железа на детали, а при прохождении анодного тока (когда деталь становится анодом) происходит электрохимическое травление (съем) осажденного металла. Интенсивность протекания этих двух противоположных процессов регулируется изменением величины катодно-анодного показателя - β , оптимальное значение которой находится в пределах 6...10.

Применением асимметричного периодического тока позволяет путем изменения величины β управлять свойствами гальванических осадков железа (износостойкостью, микротвердостью, внутренними напряжениями, усталостной прочностью), повышать прочность сцепления покрытия с деталью, а также увеличивать допустимую плотность катодного тока за счет активирования поверхности детали и растворения дендритов под воздействием обратного импульса.

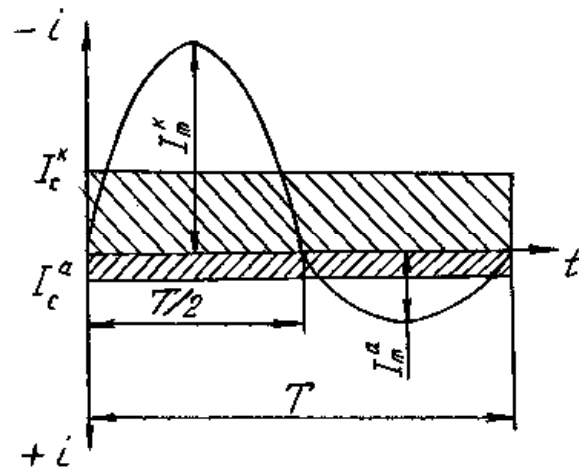


T_p – понижающий трансформатор; B_1 , B_2 – полупроводниковые вентили; R_1 , R_2 – регулировочные реостаты; A_1 , A_2 , A_3 – амперметры; V_1 – вольтметр

Рисунок 4 - Схема установки для получения асимметричного периодического тока

Осталивание, как и хромирование, в большинстве случаев производится в гальванических ваннах. Так восстанавливаются клапаны, толкатели, шкворни, поворотные кулаки, пальцы рессор, валики сцепления, крестовины дифференциала, валики тормозов, валы КПП и многие другие детали.

Однако, технологические возможности осталивания значительно расширяются при осуществлении вневанного процесса, который применим для восстановления как внутренних, так и наружных поверхностей деталей сложной конфигурации, в том числе и крупногабаритных корпусных деталей. Вневаным способом восстанавливают отверстия в нижней головке шатуна, посадочные поверхности под подшипники качения в картерах КПП и других агрегатах, постели под вкладыши коренных подшипников коленчатого вала в блоке цилиндров двигателей, зеркало цилиндров двигателей и компрессоров, корпуса масляных насосов и т.д., а также наружные поверхности некоторых деталей сложной конфигурации, например, шейки коленчатых валов.



J_m^k, J_m^a - амплитуды тока катодного и анодного импульсов;

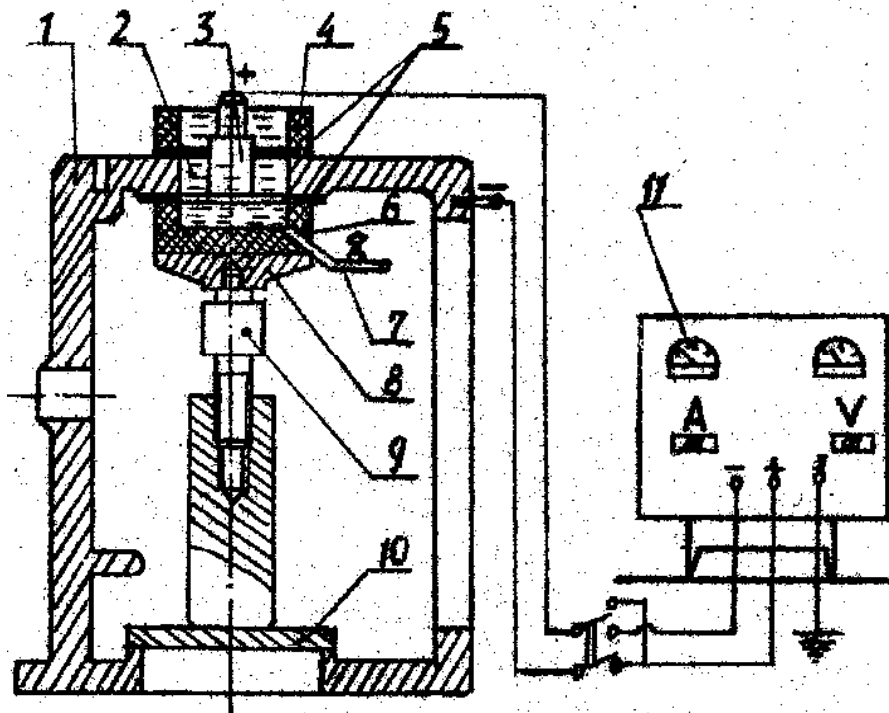
J_c^k, J_c^a - средние значения импульсов за период T ;

T - период периодического тока

Рисунок 5 - Форма кривой однофазного ассиметричного периодического тока

В условиях производства вневаный процесс осуществляется в трех основных вариантах: методы местных ванн, электронатирания и проточный процесс.

Наиболее простой метод местных ванн заключается в том, что электролизной ванной является заполненное электролитом пространство подлежащего восстановлению отверстия (рисунок 6).



1 - корпус коробки передач; 2 - электролит; 3 - анод; 4 - кольцо;
5 - уплотнительные прокладки; 6 - стакан; 7 - спускной кран; 8 - крышка;
9 - разжимное приспособление; 10 - упорная крышка; 11 - выпрямитель

Рисунок 6 - Схема местного остоливания применительно к гнездам под подшипники в корпусных деталях

Следует иметь в виду, что, несмотря на кольцо 4 и стакан 6, рабочий объем электролита остается незначительным, что при большой поверхности контакта его с воздухом и большой массе восстанавливаемой детали затрудняет обеспечение необходимого теплового режима процесса и стабильности состава электролита.

Невозможно также выдержать желаемое соотношение (2:1) площади анода и площади катода (восстанавливаемой поверхности детали). Однако эти недостатки компенсируются тем, что отпадает необходимость в громоздком и дорогостоящем оборудовании и в изоляции не подлежащих восстановлению поверхностей корпусных деталей.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить диаметр и высоту изношенного гнезда. Осталиванию подлежат посадочные места с износом не более 0,5 мм на диаметр, выбоины длиной более 5 мм и глубиной 3 мм и риски глубиной более 3 мм не допускаются. Корпус коробки предварительно должен быть очищен от грязи и масла и тщательно промыт в 10%-ном растворе каустической соды.

2. Определить площадь покрываемой поверхности, то есть площадь катода

$$F_k = \pi d_i \ell 10^{-4} \text{ дм}^2, \quad (2)$$

где d_i - диаметр гнезда, мм;

ℓ - высота гнезда, мм.

3. Определить необходимую силу тока

$$J = D_k F_k, \text{ А}, \quad (3)$$

где D_k - катодная плотность тока, равная 10...15 А/дм².

4. Определить расчетную продолжительность осаждения железа в часах

$$t_p = \frac{10h\gamma}{D_r E \eta}, \text{ ч.} \quad (4)$$

где h – толщина слоя покрытия на сторону, мм;

$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ – плотность железного покрытия;

$E = 1,042 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ – электрохимический эквивалент железа;

$\eta = 0,80 \dots 0,95$ – выход железа по току.

Значения h и η берутся по согласованию с преподавателем.

5. Очистить поверхность гнезда от окислов и следов затвердевшей смазки при помощи ручной или стальной механической щетки.

6. Установить оборудование для образования местной ванны в гнезде (рисунок 6).

7. Произвести обезжиривание гнезда трехкратной протиркой тампоном, смоченным в бензине Б-70. Окончательно удалить жировые пятна тампоном, смоченным 50%-ным раствором соляной кислоты, и промыть гнездо горячей водой. Поверхность гнезда после промывки не должна иметь разрывов водяной пленки.

8. Установить анод в центре отверстия. При большой неравномерности износа гнезда анод следует сместить в сторону большего износа. Анод должен быть без жировых пятен и шероховатостей.
9. Проверить плотность и кислотность электролита.

Для приготовления хлористого электролита голубоватые кристаллы двухлористого железа ($FeCl_2 \cdot 4H_2O$) растворяют в дистиллированной воде, в которую добавляют 1,5...2,0 г/л соляной кислоты. Для ускорения процесса растворения рекомендуется раствор нагреть до 60...70°C и периодически помешивать.

После растворения хлористого железа проверяют и корректируют кислотность электролита, доведя ее до $pH = 0,6...0,8$. Приготовленный электролит прорабатывают током при 70...80°C и плотности тока 20...30 А/дм² до получения высококачественных покрытий. При отсутствии двухлористого железа в готовом виде его готовят на месте, путем травления стружки из малоуглеродистой стали в растворе соляной кислоты.

Электролит можно приготовить также растворением в воде хлорного железа. Хлорное железо ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) – недорогой материал, а приготовление электролита из него проще и быстрее, чем приготовление травлением стружки. Количество хлорного железа берут в 1,36 раза больше, чем хлористого железа. После растворения хлорного железа в электролит добавляют соляную кислоту из расчета 10...15 г/л и прорабатывают его током при 80°C и плотности тока 10...15 А/дм². При этом площадь катодов должна быть в 2...3 раза больше площади анодов. В процессе проработки электролита трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного, а цвет электролита постепенно изменяется от светло-коричневого до светло-зеленого.

В процессе электролиза из электролита, главным образом, испаряется вода, что приводит к увеличению концентрации железа, о чем судят по увеличению плотности электролита (рисунок 7). В этом случае электролит разбавляют водой. При недостатке (более 50 г/л) хлористого железа в электролит погружают обезжиренную стружку (в мешочках из стеклоткани) из расчета 4,5...5,0 г/л на каждые 0,01 отклонения плотности электролита. При этом в электролит добавляют соляную кислоту из расчета 20...21 г/л на каждые 0,01 г/см³ отклонения плотности электролита от заданной.

Кислотность электролита проверяют рН-метром ЛПУ-01 или индикаторной бумагой. При нормальной кислотности электролит имеет светло-зеленый цвет. При увеличении кислотности электролит приобретает ярко выраженный зеленый цвет. При недостаточной кислотности или при длительном хранении на воздухе электролит окисляется, окрашиваясь постепенно в желто-зеленый цвет, мутнеет и в нем появляются хлопья гидроокиси. Окисленный электролит исправляют проработкой током при увеличенной площади катодов, повышенной кислотности и средних значениях плотности тока.

10. Залить предварительно подогретый до 50°C электролит до верхней кромки местной ванны.

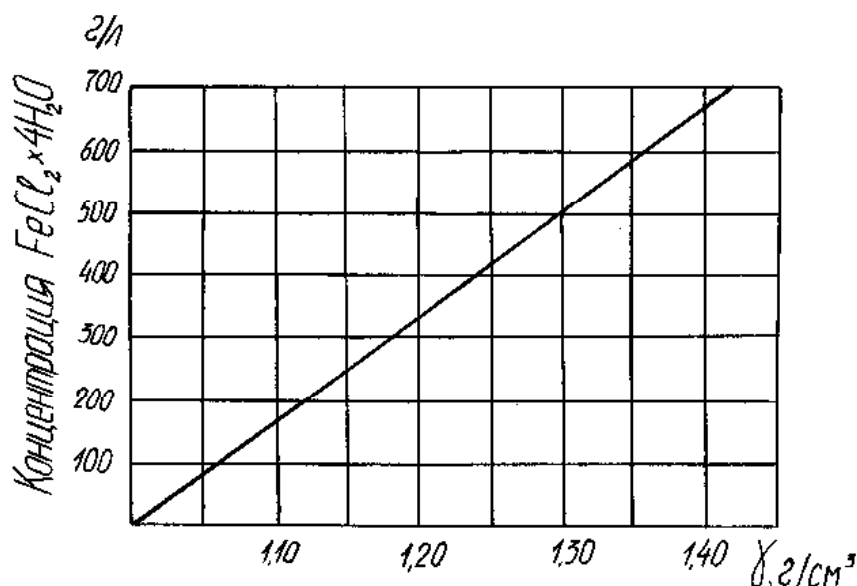


Рисунок 7 - Определение концентрации хлористого железа в электролите по его плотности

11. Произвести анодное декапирование гнезда, применив обратную полярность (“+” на деталь). Температура электролита в ванне должна быть не ниже 40°C, плотность тока 12...15 А/дм², продолжительность декапирования 50...1000 секунд.
Плотность тока контролируется амперметром выпрямителя, показания которого должны соответствовать значениям, подсчитанным по формуле (3). Напряжение $V = 6\text{В}$.
Декапирование увеличивает сцепляемость осадка с основным металлом, так как при этом с поверхности детали удаляется окисная пленка.
12. Произвести осталивание, для чего изменить направление тока (включить “-” на деталь). Плотность тока рекомендуется повышать постепенно, начиная с минимальной, и в течение 10 минут доводить до заданной, что увеличивает прочность сцепления слоя с деталью.
Время, в течение которого идет электролиз, следует использовать для оформления отчета.
13. По истечении расчетного времени выключить ток и слить электролит. Электролит в местной ванне можно использовать 3...4 раза. Однократным использованием можно получить слой металла толщиной до 0,3 мм, после чего электролит применять нельзя.
14. Промыть гнездо холодной проточной водой, нейтрализовать его 10%-ным раствором каустической соды и снова промыть водой.
15. Снять образовавшиеся мелкие неровности ручной металлической щеткой.
16. Измерить диаметр гнезда и определить фактическую толщину покрытия:

$$h_{cp} = \frac{d_1 - d_2}{2}, \text{мм}, \quad (5)$$

где d_1 - диаметр гнезда до осталивания, мм;

d_2 - диаметр гнезда после осталивания, мм.

17. Определить фактическую скорость осаждения железа:

$$v_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{t_{\phi}}, \text{ мм/ч} \quad (6)$$

где t_{ϕ} - фактическая продолжительность осталивания, ч.

18. Определить фактический выход железа по току:

$$\eta_{\phi} = \frac{G_{\phi}}{G_m}, \quad (7)$$

где G_{ϕ} - фактическое количество осажденного на детали железа, г;

G_m - теоретически возможное количество осажденного железа за время t_{ϕ} , г.

$$G_m = EJ_{\phi}t_{\phi}, \quad (8)$$

где J_{ϕ} - фактическая сила тока (по показаниям амперметра), А.

Величину G_{ϕ} можно вычислить по формуле:

$$G_{\phi} = \pi d_2 \ell h_{\phi} \gamma 10^{-3}, \text{ г.} \quad (9)$$

19. Визуально оценить качество покрытия. Выявить дефекты, попытаться установить их причины и ознакомиться со способами их предупреждения и устранения (таблица 2).

Таблица 2 - Основные дефекты железнения и способы их устранения

Дефекты	Причины возникновения дефектов	Способы предупреждения и устранения
1	2	3
Бугристый осадок с неровностями круглой формы	1. Чрезмерно высокая плотность тока 2. Недостаточно чистая поверхность перед железнением	1. Снизить плотности тока 2. Очистить механической обработкой поверхность перед железнением
Шероховатый осадок с неровностями игольчатой формы	1. Чрезмерно высокая плотность тока. 2. Электролит загрязнен анодным шлаком 3. Избыток трехвалентного железа в электролите (окисленный электролит)	1. Снизить плотность тока 2. Профильтровать электролит 3. Восстановить электролит проработкой

Продолжение таблицы 2.

1	2	3
Разрывы и заворачивание мягкого осадка или шелушение твердого	1. Поверхность плохо обезжирена 2. Неправильно выбран режим анодной обработки 3. Низкая кислотность электролита	1. Полностью удалить жировую пленку 2. Правильно подобрать и соблюдать режим анодной обработки 3. Добавить соляной кислоты
Слоистость покрытия	1. Перерывы тока 2. Резкие колебания кислотности при электролизе (в ванне)	1. Не допускать перерывов тока. 2. Добавление кислоты производить малыми порциями и в разбавленном виде
Деталь полностью или частично не покрывается железом	1. Нарушен контакт в катодной или анодной цепи 2. Неправильная полярность ванны 3. Аноды покрыты толстым слоем шлама 4. Мала плотность тока	1. Проверить и обеспечить надежный контакт 2. Переменить полюсы на ванне 3. Очистить и промыть аноды 4. Увеличить плотность тока
Неравномерность толщины осадка	1. Неправильное расположение анода	1. Сместить анод в сторону меньшей толщины осадка

Таблица 3- Форма отчета

Перечень операций	Оборудование, приспособление и инструмент	Режимы и технические условия
1	2	3

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.1, 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.

