

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 06.06.2020 13:03
Уникальный программный ключ:
f7c6227919e4cdbfb4d7b682991f8553b37cafbd

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского
Колледж автомобильного транспорта и агротехнологий

Т.Е.Бадардинова
Н.В.Семенчук

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ НАРАЩИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН

Практикум

по МДК01.02. Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

ПМ.02 Ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования

УДК621.357.1(072)

Б15

Т.Е. Бадардинова, преподаватель высшей квалификационной категории колледжа АТ и АТ, Н.В. Семенчук преподаватель колледжа АТ и АТ.

Рекомендовано к печати цикловой комиссией по техническим специальностям Колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий ИрГАУ им. А. А. Ежевского (протокол № 4 от 14 декабря 2021г.)

Рецензент: доцент, к.т.н. кафедры ТС и ОД С.В. Алтухов

Методические пособие предназначены для выполнения практических работ по МДК01.02. Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта. ПМ.02 Ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования.

Издательство ИрГАУ им. А.А.Ежевского, 2021.

Общие указания по выполнению лабораторных работ

Каждая лабораторная работа должна выполняться индивидуально на рабочем месте, согласно утвержденному графику.

Перед выполнением лабораторной работы студент должен самостоятельно изучить содержание методических указаний к предстоящей лабораторной работе и освоить теоретический материал по учебникам, которые указаны в списке литературы.

Лабораторную работу следует выполнять в соответствии с методическими указаниями. В процессе выполнения работы необходимо строго соблюдать правила по технике безопасности, бережно относиться к восстановленным объектам, средствам ремонта, экономно расходовать ремонтные материалы.

По окончании лабораторной работы студент должен убрать рабочее место, сдать его учебному мастеру, ознакомиться с темой следующего занятия.

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

Запрещается допуск в лабораторию лиц, не имеющих прямого отношения к работе.

Категорически запрещается пользоваться открытым огнем.

Работа электролитических ванн разрешается только при включенной и исправно действующей вентиляции.

Перед началом работы необходимо проверить заземление металлических ванн и распределительных щитов.

При разбивании барабанов с хромовым ангидридом работать только в спецодежде, при разливе кислот дополнительно надевать защитные очки и резиновые перчатки.

Не включать без разрешения преподавателя или лаборанта источники питания установок и приборов.

Запрещается производить какие-либо работы над зеркалом электролита ванны во время ее работы.

При ожоге концентрированной серной кислоты сначала следует снять капли кислоты сухой тряпкой, затем в течении 10 мин промыть проточной прохладной водой.

Общие сведения

Гальванические покрытия нашли широкое применение и при восстановлении деталей, выбракованных при сравнительно малых значениях износа. Электролитическое осаждение металлов основано на явлении электролиза, т.е. окислительно-восстановительных процессах, происходящих в электролите. При гальванических процессах не происходит значительного нагрева деталей, структурных изменений свойств самого металла деталей.

Основу процесса составляет электролиз металлов, сущность которого заключается в том, что на деталь, помещенную в водный раствор солей металла, под действием постоянного электрического тока осаждаются ионы металла, создающие металлическое покрытие. Ионы металла в растворах всегда заряжены положительно и поэтому осаждение происходит на электроде, имеющем отрицательный потенциал, т.е. на катоде. Ион металла под действием электрического поля перемещается к катоду, где, получая недостающие электроны, превращается в атом металла, образуя металлический осадок.

Катодами являются восстанавливаемые детали, а в качестве анодов используют металлические электроды (растворимые и нерастворимые). Растворимые аноды делают из того же металла, который должен осаждаться на катоде, нерастворимые аноды изготавливаются из свинца (применяют только при хромировании). Принципиальная схема электролиза представлена на рисунке 1.

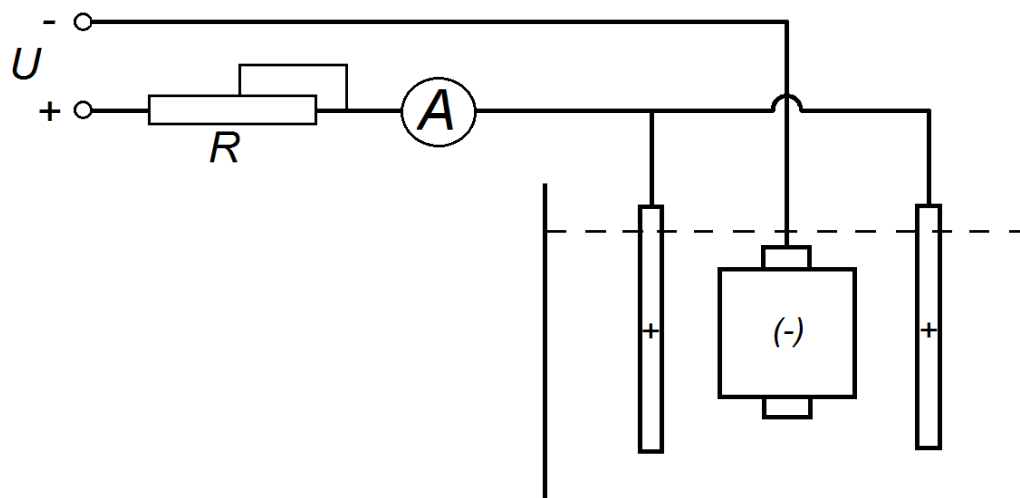


Рисунок 1 – Электрическая схема электролиза

Процесс гальванического осаждения любого металла подчиняется законам Фарадея.

Масса вещества, выделяемого на электродах при прохождении одного и того же количества электричества, пропорциональна их эквивалентным массам. Эквивалентной массой называется масса, полученная от деления атомного веса

элемента или молекулярного веса вещества на эквивалентность. Эквивалентная масса, выраженная в граммах, называется грамм-эквивалентом.

Для осаждения 1 г/эк любого вещества необходимо пропустить через электролит 26,8 А·ч (постоянная Фарадея). При делении эквивалентной массы любого металла на 26,8 А·ч получим массу данного металла в граммах, выделяющегося на катоде при пропускании через электролит 1 А·ч. данное число называется электрохимическим эквивалентом данного металла.

Кроме того, масса осаждаемого при электролизе вещества прямо пропорциональна силе тока и времени его прохождения. В связи с изложенным массу выделившегося вещества можно определить по формуле (1)

$$Q_T = C \cdot J \cdot t, \quad (1)$$

где Q_T – теоретическая масса вещества, выделившегося при электролизе, г;

C – электрохимический эквивалент, г/А·ч;

J – сила тока, А;

t – время электролиза, ч.

При электролизе часто протекает несколько электрохимических процессов. При гальваническом осаждении металлов, стоящих в ряду напряжений выше водорода, одновременно с ним происходит выделение водорода, которое ухудшает качество осадков, придавая им хрупкость, и увеличивает время электролиза, так как часть электрической энергии расходуется на его выделение. Поэтому для оценки использования электрической энергии на непосредственное осаждение металла введено понятие «выход на току», или коэффициент использования тока η , определяемый по формуле (2)

$$\eta = \frac{Q_\phi}{Q_T} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где Q_ϕ – фактическая масса вещества, полученная при электролизе, г.

Твердость покрытия зависит от режима процесса и металла покрытий: она может быть очень мала (50...70 НВ для цинковых и очень велика 1200 НВ для хромовых).

Электролитические и химические покрытия при ремонте автомобилей применяют для повышения износостойкости, восстановления изношенных поверхностей деталей (хромирование, железнение и др.), для защиты деталей от коррозии (цинкование, бронзирование, оксидирование, фосфатирование и др.), для защитно-декоративных целей (никелирование, хромирование, цинкование, оксидирование и др.), для специальных целей, в частности улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей деталей (меднение, лужение, свинцевание и пр.), для защиты от науглероживания при цементации (меднение). Чаще всего цель покрытия является комплексной.

Лабораторная работа №1
Восстановление деталей гальваническим осаждением хрома

Цель работы: Закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки по проектированию технологического процесса восстановления изношенных поверхностей гальваническим осаждением хрома. Ознакомится с устройством гальванического оборудования.

Задание:

1. Изучить содержание работы, технологию восстановления изношенных деталей хромированием, оборудование, правила по технике безопасности.
2. Определить величину износа детали и произвести расчет толщины покрытия с учетом последующей механической обработки.
3. Произвести расчет технологического процесса восстановления изношенных деталей.
4. Восстановить изношенную деталь гальваническим охлаждением хрома.
5. Описать качество покрытия.
6. Составить отчет.

Оснащение рабочего места:

1. Ванна для хромирования ОГ-1349 А;
2. Ванна анодной обработки;
3. Ванна обезжиривания;
4. Ванна для промывки в воде;
5. Аналитические весы Ва-200;
6. Детали, подлежащие восстановлению;
7. Микрометр Мк-25;
8. Микротвердомер ПТМ-3;
9. Штангенциркуль ШЦ-11-0-160;
10. Методические указания к лабораторной работе.

Общие сведения

Хромирование получило широкое распространение как для восстановления деталей и повышения их износостойкости, так и для декоративных и противокоррозионных целей.

Высокая твердость, низкий коэффициент трения, жаростойкость и хорошая химическая устойчивость обеспечивают деталям, покрытым хромом, высокую износостойкость в особо тяжелых условиях эксплуатации. Хромирование широко применяют для повышения твердости и износостойкости различного мерительного и режущего инструмента, трущихся деталей приборов и машин.

Для обеспечения хорошей прочности сцепления следует выдержать детали в ванне без тока для того, чтобы они приняли температуру электролита и в начальный момент хромирования дать так называемый «толчок тока» на 1-2 мин, повысив плотность тока в 2-3 раза по сравнению с рабочей, а затем плавно снизить ее до нормального значения.

При хромировании применяют аноды из чистого свинца марки С1 или сплава свинца с 4-6% сурьмы марки ССУ1. Аноды изготавливают из стержней диаметром 10-15 мм или листов. Растворимые аноды применять нецелесообразно, так как хром растворяется преимущественно в виде трехвалентных ионов. Отношение между поверхностью анодов и катодов должно находиться в пределах от 1:2 до 2:3. Свинцовые аноды в процессе работы покрываются слоем хромовокислого свинца, затрудняющего работу. Поэтому ежедневно рекомендуется очищать их стальными щетками. В перерывах между работой аноды вынимают из ванны и погружают в воду.

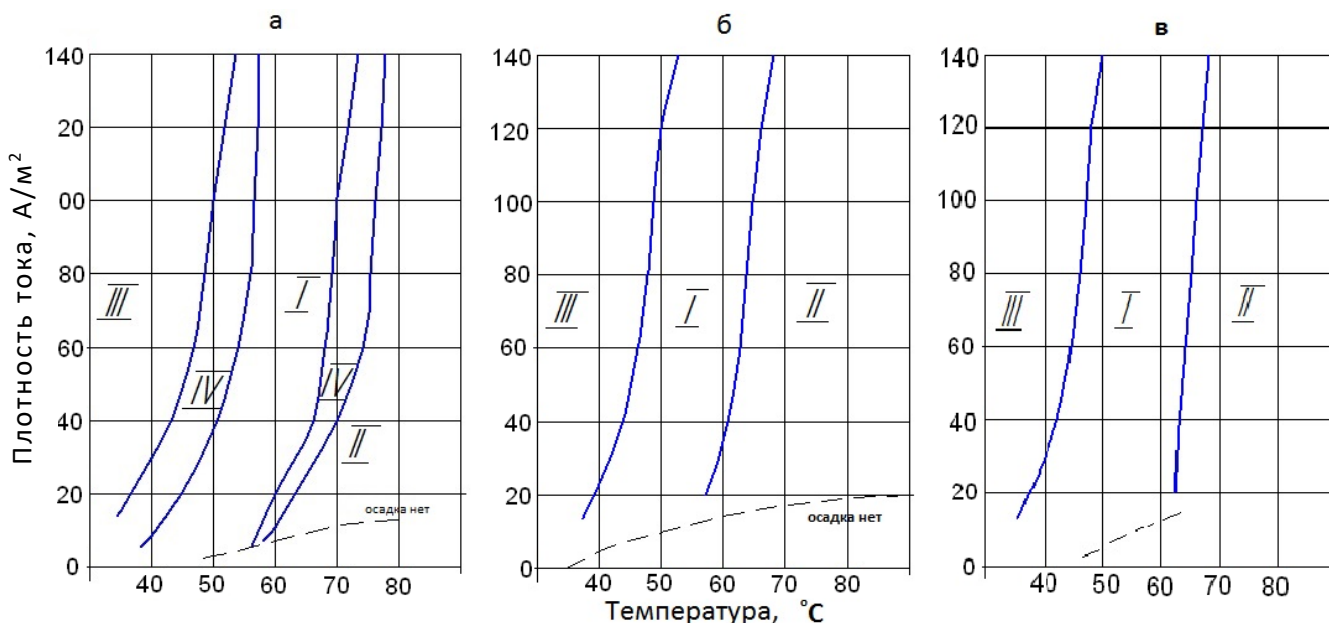
Электролитический хром имеет высокую твердость порядка 400 – 1200 НВ, высокую износостойкость, низкий коэффициент трения. В качестве электролита используется водный раствор хромового ангидрида (хромовая кислота – $\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CrO}_4$). Хромовые покрытия получают только при наличии в растворах ионов SO_4 . Наиболее качественные осадки хрома и наибольший выход по току ($\eta = 13 - 16\%$) получают при отношении CrO_3 и H_2SO_4 , равном 100:1.

Преимущественное распространение получили горячие электролиты с концентрацией CrO_3 от 150 до 350 г/л, таблица 1.

Таблица 1 – Характеристика электролитов для хромирования

Электролит	Содержание компонентов, г/л		Режим электролиза	
	CrO_3	H_2SO_4	Температура электролита, °С	Плотность тока, А/дм ²
Разведенный	120-150	1,2-1,5	40-100	50-65
Универсальный	200-250	2,0-2,5	20-60	45-55
Концентрированный	300-350	3,0-3,5	15-30	40-50

Изменяя условия электролиза, можно получить различные хромовые покрытия: блестящие, молочные и серые (рисунок 2).



I – блестящий хром, II – молочный хром, III – серый хром,
IV – зона переходных осадков.

Рисунок 2 – Распределение зон хромовых покрытий: а – содержание CrO_3 – 150 г/л; б – содержание CrO_3 – 250 г/л; в – содержание CrO_3 – 350 г/л.

Блестящий хром характеризуется высокой твердостью (400 – 600 НВ) и высокой коррозионной стойкостью.

Молочный хром характеризуется пониженной твердостью (900 – 1200 НВ) и повышенной хрупкостью, поэтому в ремонтном производстве применяется редко.

Серый хром отличается весьма высокой твердостью (900 – 1200 НВ) и повышенной хрупкостью, поэтому в ремонтном производстве применяется редко.

Технологический процесс хромирования.

1. Очистка деталей от грязи, ржавчины, масла. Ржавчину удаляют наждачной шкуркой.
2. Механическая обработка для придания изношенной детали правильной геометрической формы и удаление следов износа. При хромировании применяют шлифование и снижают минимальный слой металла.
3. Определение размеров деталей с целью установления толщины слоя хрома, который необходимо осадить, и времени хромирования с учетом припуска на последующую механическую обработку.

4. Изоляция мест, не подлежащих хромированию. Для изоляции применяют цапоновый лак (раствор целлулоида в ацетоне), клей БФ и другие, которые наносят в 5 – 6 слоев.
5. Монтаж детали на подвеску. При монтаже детали на подвеску необходимо обеспечить надежные контакты детали с подвеской.
6. Обезжиривание. Для прочного сцепления хромового покрытия с поверхностью детали необходимо удалить с нее следы жиров. Различают следующие варианты обезжиривания:
 - а) промывка в бензине или ацетоне и протирание венской известью;
 - б) в горячем щелочном растворе следующего состава: 40-50 г/л тринатрийфосфата, 10-20 г/л едкого натрия, 25-35 г/л жидкого стекла, 2-5 г/л препарата ОП-7 или ОП-10 при температуре 60-70 °С и выдержке 3-5 мин.
 - в) электролитическое обезжиривание в 10%-м растворе NaOH с эмульгирующими присадками жидкое стекло 2-5 г/л при температуре 70-80 °С в течении 5-10 мин под действием электрического тока; деталь при этом подключают на катод (-), плотность тока 3-10 А/дм², анодами служат свинцовые пластины.

На хорошо обезжиренной детали вода растекается, не образуя капель.

7. Анодная обработка производится в отдельной ванне, заполненной электролитом, состоящим из 30% раствора серной кислоты. Анодом при этом служат деталь, катодом - пластина из свинца. При комнатной температуре электролита, пропускают ток плотностью 20...60 А/дм² в течении 2 – 5 мин. Анодная обработка обеспечивает удаление тончайших окисных пленок, выявление кристаллической структуры, повышение ее активности, предохранение покрываемой поверхности от взаимодействия электролита перед началом электролиза защитной пленкой.
8. Хромирование. Режим хромирования сводится к выбору электролита, температуры электролита, расчету плотности тока, определению продолжительности осаждения в зависимости от необходимой толщины. Рельефные детали начинают хромировать при плотности тока вдвое больше принятого, спустя 1...2 мин ее величину постепенно снижают до расчетной. В процессе хромирования необходимо поддерживать постоянный режим электролиза. Перерыв тока не допускается.

После хромирования детали следует промыть в дистиллированной воде (ванна для улавливания электролита), которую в дальнейшем доливают в ванну хромирования по мере испарения воды. Припуск на механическую обработку при хромировании берется в пределах 0,05...0,15 мм.

Дефекты при эксплуатации электролита хромирования и способы их устранения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Дефекты при хромировании и способы их устранения

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
На деталях имеются незахромированные участки	Низкая плотность тока	Дать толчок тока в начале процесса
Коричневые пятна на покрытии	Примеси железа Недостаток серной кислоты Избыток трехвалентного хрома	Заменить часть электролита новым Добавить серную кислоту Проработать электролит под током при большой поверхности анодов
Дендриты хрома на углах и острых кромках	Высокая плотность тока на острых краях	Закруглить края, установить специальные экраны
Отслаивание покрытия	Плохая подготовка поверхности деталей Перерыв тока в процессе хромирования Недостаточный прогрев деталей перед хромированием	Улучшить подготовку Предотвратить перерывы тока Прогреть детали
Матовые осадки, трудно полируемые	Низкая температура электролита Высокая плотность тока Недостаток хромового ангидрида Примеси железа	Повысить температуру электролита Снизить плотность тока Добавить хромовый ангидрид Проработать электролит
Темные осадки, растворение свинцовой обкладки ванны	Наличие азотной кислоты в электролите	Заменить электролит

Процесс хромирования протекает с сильным газовыделением. При котором через бортовые отсосы улечиваются мельчайшие капли электролита в виде тумана. В качестве мер по борьбе с испарением электролита применяют поплавки из полиэтилена, полихлорвинила. Слой поплавков снижает потери электролита, так как пузырьки газа задерживаются и лопаются на поверхности поплавков. При этом слой поплавков уменьшает также расход энергии на подогрев электролита, предохраняя зеркало электролита от остывания.

Порядок выполнения работы

1. Определить толщину покрытия по формуле (3)

$$h = \frac{\rho}{2} + h_1, \quad (3)$$

где ρ – диаметральный износ, мм;

h_1 – припуск на шлифование, мм.

2. Определить по графикам, представленным на рисунке 2, режим хромирования в зависимости от требуемой микротвердости покрытия.

3. Рассчитать необходимую силу катодного тока по формуле (4)

$$J_k = D_k F_k, \quad (4)$$

где D_k – катодная плотность тока, А/дм²;

F_k – площадь покрываемой поверхности детали, дм².

4. Произвести расчет времени выдержки детали в ванне на данном рабочем режиме по формуле (5)

$$t = \frac{1000 \cdot h \cdot q}{C \cdot D_k \cdot \eta}, \quad (5)$$

где h – заданная толщина осадка, в мм;

q – удельный вес осажденного металла для хрома, $q = 6,8$ г/см³;

C – электролитический эквивалент для хрома, $C = 0,323$ г/Ач.

5. Произвести измерение детали, сделать эскиз детали с указанием нормального, допустимого и предельного размеров.
6. Взвесить деталь на весах с точностью до 0,1 мг.
7. При необходимости изолировать участки поверхности детали, не подлежащие хромированию.
8. Смонтировать деталь на подвеску.
9. Обезжирить деталь в щелочном растворе.
10. Промыть деталь в холодной воде.
11. Произвести анодную обработку детали в соответствии с пунктом 7 технологического процесса хромирования.
12. Промыть деталь в проточной воде.
13. Произвести хромирование. Режим хромирования должен соответствовать расчетному; проводить хромирование в соответствии с пунктом 8 технологического процесса хромирования (таблица 1, рисунок 2).
14. По истечении времени хромирования, отключить ток, извлечь деталь с подвеской из ванны и промыть в дистиллированной воде.
15. Просушить деталь, снять изоляцию.

16. Определить микротвердость с помощью прибора ПМТ-3, определить визуально качество покрытия и описать его.
17. Определить теоретическую толщину нанесенного слоя хрома по формуле (6)

$$h_T = \frac{C \cdot D_k \cdot t \cdot \eta}{1000 \cdot q} \quad (6)$$

18. Составить отчет.

Форма отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Технология гальванического осаждения хрома.
4. Расчеты параметров режимов технологического процесса восстановления детали хромированием, расчет теоретической толщины покрытия.
5. Электрическая схема подключения детали при хромировании.
6. Результаты проведенного хромирования: качество покрытия, скорость осаждения, микротвердость, фактическая толщина, «выход по току».

Контрольные вопросы

7. Для восстановления каких деталей применяется гальваническое покрытие?
8. Что называется эквивалентной массой и грамм-эквивалентом вещества?
9. Что называется электрохимическим эквивалентом и его физический смысл?
10. Как определить теоретическую массу вещества, выделившегося при электролизе?
11. Объясните смысл понятия «выход по току».
12. Какие электролиты применяются для хромирования?
13. Почему восстанавливаемая деталь подключается на минус?
14. Какие существуют аноды для хромирования. Дать их характеристику и описание.
15. Описать технологический процесс хромирования.

Лабораторная работа №2
Восстановление деталей гальваническим осаждением железа.

Цель работы: Закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки для проектирования технологического процесса восстановления изношенных поверхностей гальваническим осаждением железа.

Задание:

1. Изучить содержание работы, технологию восстановления изношенных деталей осталиванием, оборудование, правила по технике безопасности.
2. Определить величину износа детали и произвести расчет толщины покрытия.
3. Произвести расчет технологического процесса восстановления изношенных деталей.
4. Восстановить изношенную деталь гальваническим осаждением железа.
5. Описать качество покрытия.
6. Составить отчет.

Оснащение рабочего места:

1. Ванна для осталивания ОГ-1349 А,
2. Ванна анодной обработки,
3. Ванна обезжиривания,
4. Ванна для промывки в воде,
5. Ванна нейтрализации с 10%-ным раствором каустической соды,
6. Аналитические весы ВА-200,
7. Осциллограф ОДШ-4,
8. Детали, подлежащие восстановлению,
9. Микрометры МК-25,
10. МК-50,
11. Методические указания к лабораторной работе,
12. Штангенциркуль ШЦ-II-0-160,
13. Микротвердомер ПТМ-3,
14. Учебник, плакаты.

Общие сведения

Гальваническое осаждение железа нашло широкое применение для восстановления посадочных гнезд под подшипники в корпусных деталях. Преимуществом этого метода перед хромированием являются высокая скорость осаждения металла (более 1,0 мм/ч), получение осадков достаточно большой толщины (до 3 мм) и низкая стоимость материалов для приготовления электролитов. Выход металла по току в несколько раз выше, чем при хромировании (80 – 90%).

Обычно для осталивания применяются хлористые электролиты – растворы хлористого железа ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) с добавкой поваренной соли (NaCl) и соляной кислоты (HCl). Поваренная соль в электролите способствует повышению его электропроводности и увеличению твердости покрытия. Количество ее не должно превышать 100 г/л, количество соляной кислоты должно быть в пределах 0,6...0,9 г/л.

Соляная кислота обеспечивает устойчивую работу ванны.

Электролиты, применяемые для осталивания, обычно делятся на две группы: холодные и горячие (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика электролитов, применяемых для осталивания

Наименование компонентов и режим работы	Горячий электролит	Холодные электролиты		
		№1	№2	№3
Хлористое железо, г/л	200-220	400-600	400-600	15-200
Хлористый натрий, г/л	100	-	-	-
Гидразин солянистый, г/л	-	3-5	-	-
Аскорбиновая кислота, г/л	-	-	0,5-2,0	-
Кислотность, рН	1,2-2,2	0,6-1,5	0,5-1,3	0,6-1,2
Температура электролита, °С	60-80	20-50	20-50	20-50
Катодная плотность тока, А/дм ²	30-50	15-40	10-40	10-40
Выход по току, %	80-90	85-90	85-92	85-92

Для ремонтного производства наиболее перспективными являются холодные электролиты.

Технологический процесс осталивания мало отличается от хромирования.

После осталивания детали промывают в горячей воде при температуре 80 – 90 °С. нейтрализацию кислоты производят путем промывки в горячем (70 – 80 °С) 10 %-м растворе каустической соды в течении 30 мин.

Материал анодов – сталь 10 отношение площади анодов к площади катодов 2:1. Аноды следует помещать в чехлы из хлорина или стеклоткани. В перерывах между работой аноды необходимо вынимать из ванны во избежание их химического растворения.

В последнее время нашли широкое применение технологические приемы, позволяющие интенсифицировать гальванические процессы. Особый интерес предоставляют осаждение металла при нестационарных режимах и безванное нанесение покрытий. Различают три способа безванного гальванического осаждения металлов: струйное, проточное и натиранием.

Осаждение металла при нестационарных режимах электролиза повышает производительность процесса, улучшает физико-механические свойства покрытия. Из нестационарных режимов заслуживает внимание осаждение металлов на асимметричных токах. Принципиальная схема установки для получения асимметричного тока показана на рисунке 3.

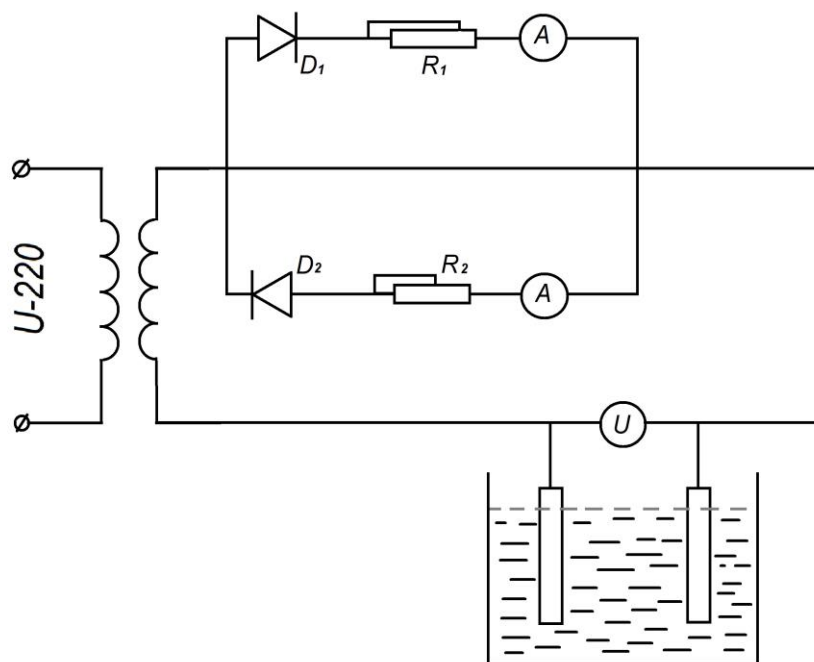
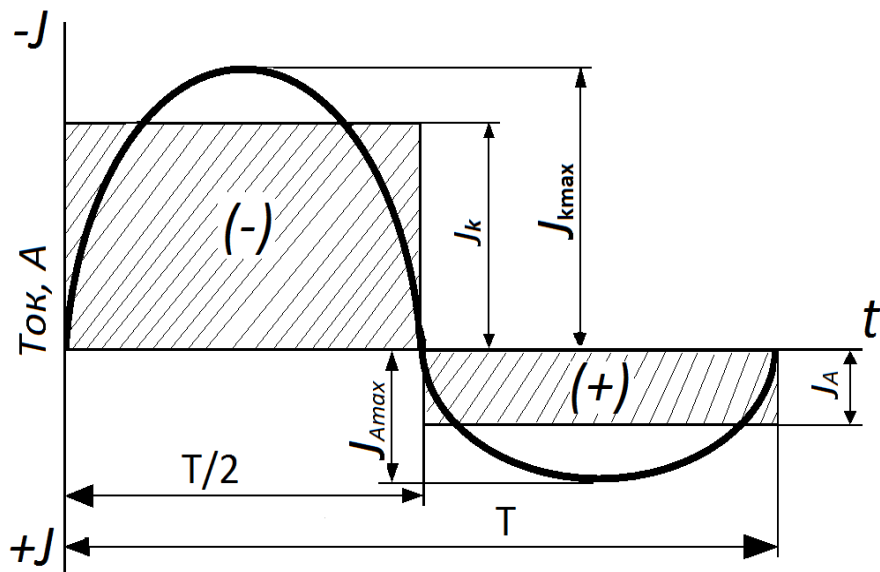


Рисунок 3 – Электрическая схема установки для нанесения гальванических покрытий на асимметричном токе

На рисунке 4 представлена форма асимметричного тока, полученная данной установкой.



$J_{к\max}$; $J_{a\max}$ – амплитудный ток, соответственно катодный и анодный;
 $J_{к}$; J_{a} – средний ток, соответственно катодный и анодный).

Рисунок 4 – Форма асимметричного тока

Регулирование амплитудного значения катодной и анодной составляющей ведется отдельно изменением сопротивления резисторов R_1 , R_2 .

Особенность рассматриваемого процесса – возможность изменять амплитудное отношение катодного тока и анодному ($J_{к}/J_{a}=\beta$ – коэффициент асимметрии) и, сохраняя при этом постоянными другие условия электролиза, в широких пределах изменять структуру и свойства покрытий.

Для улучшения сцепления покрытия с деталью рекомендуется начинать электролиз при плотности тока 20 – 30 А/дм² и $\beta=1,3$. Такой режим выдерживают в течении 15 – 30 с. Затем постепенно, в течении 5 – 10 мин, режим выводят на расчетный ток ($\beta= 6 - 8$). Механизм получения качественных покрытий обеспечивается тем, что в анодный период гальваническое покрытие (растущие зерна) частично растворяется. Интенсивное растворение осадков наблюдается на выступающих местах покрытий, т.е. там, где наибольшая концентрация силовых линий. Растущий слой осадка не достигает своей предельной величины, при которой он растрескивается. В силу этих причин поверхность получается более гладкой, структура менее напряженной.

Электрическая энергия, затрачиваемая на растворение покрытий, компенсируется:

1. Улучшением структуры и свойств покрытий.
2. Возможностью использования высоких плотностей тока.

При осталивании на асимметричном токе твердость покрытий может достигать 500 – 600 НВ.

Таблица 4 – Дефекты при железнении и способы их устранения

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Отслаивание и растрескивание покрытия	Плохая подготовка перед покрытием Перерыв тока в процессе осаждения	Улучшить подготовку Устранить причины прерывания тока
Покрытие темное	Избыток кислоты Наличие ионов трехвалентного железа, меди и хрома	Нейтрализовать электролит 3%-м раствором едкого натра Проработать электролит под током при катодной плотности тока 0,8-1,5 А/дм ²
Покрытие хрупкое	Низкая температура электролита Наличие ионов трехвалентного железа Наличие органических примесей Недостаток кислоты	Подогреть электролит Проработать электролит под током Отфильтровать электролит через активированный уголь и проработать его под током Добавить кислоту

Электролит для железнения должен быть прозрачным и иметь зеленый цвет. Пожелтение электролита свидетельствует о накоплении ионов трехвалентного железа, которые необходимо восстанавливать до двухвалентного введением железных стружек и проработкой электролита под током.

Порядок выполнения работы

1. Сделать эскиз детали, дать основные размеры: нормальный, допустимый, предельный. Произвести замеры износа поверхностей детали, подлежащей восстановлению. Дать заключение о возможности восстановления этой детали осталиванием.
2. Определить толщину покрытия по формуле (7)

$$h = \frac{u}{2} + h_1, \quad (7)$$

где h_1 – припуск на механическую обработку детали ($h_1=0,2 - 0,225$ мм при шлифовании и $0,4 - 0,45$ при точении).

3. Определить площадь поверхности детали, подлежащей восстановлению.
4. Тщательно очистить и взвесит деталь на весах с точностью до $0,1$ мг.
5. Смонтировать деталь на подвеску.
6. Рассчитать эффективное ($J_{эф}$), катодное (J_k) и анодное (J_a) значения токов по формулам (8), (9), (10)

$$J_{эф} = D_k \cdot F_k, \quad (8)$$

$$J_{эф} = J_k - J_a, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{J_k}{J_a}. \quad (10)$$

где D_k – значение плотности тока () выбирается в соответствии с электролитом (см. таблицу 3)

β – коэффициент асимметрии.

7. Обезжирить деталь венской известью или карбидным илом, или горячим щелочным раствором (см. лабораторную работу №1). Качество обезжиривания проверяется смачиваемостью поверхности детали водой.
8. Проверить рабочую ванну: температуру, кислотность электролита. При необходимости произвести соответствующие корректировки.
9. Произвести анодную обработку детали до получения светло-серого оттенка. Электролитом является 30%-й раствор серной кислоты, катодом пластины из свинца; плотность тока $20 - 60$ А/дм².
10. Завесить аноды.
11. Осталивание: завесить деталь в ванну для осталивания и установить анодный ток, равный (J_a) расчетному, а катодный – $J_k = 1,3 \cdot J_a$, т.е. $\beta = 1,3$. Выдержать данный режим в течении $15 - 30$ с. Затем постепенно, в течении $5 - 10$ мин, увеличивать катодный ток расчетного, так чтобы получить β_k засечь и записать время начала электролиза.
12. Произвести расчет времени выдержки детали в ванне на данном режиме до получения расчетной толщины осадка по формуле (11)

$$t = \frac{1000 \cdot h \cdot q}{C \cdot D_k \cdot \eta}, \quad (11)$$

где h – расчетная толщина осадка, определяемая по формуле (7);
 q – удельная масса железа, $q = 7,3 \text{ г/см}^3$;
 C – электрохимический эквивалент железа, $C = 1,042 \text{ г/ч}$;
 η – выход по току, $\eta = 60 - 70\%$.

13. Рассчитать теоретическую массу осаждаемого металла по формуле (12)

$$Q = C \cdot J_{эф} \cdot t, \quad (12)$$

14. По истечении времени электролиза отключить ток, извлечь деталь с подвеской из ванны и промыть в проточной воде.
15. Произвести нейтрализацию в 10%-м растворе каустической соды при температуре $80 - 90^\circ\text{C}$ в течении 30 мин.
16. Промыть деталь в горячей воде.
17. Снять деталь с подвески и удалить изоляцию.
18. Определить микротвердость с помощью прибора ПТМ-3, произвести визуальный осмотр качества покрытия и описать его.
19. Определить массу осажденного металла на весах с точностью до $0,1 \text{ мг}$.
20. Определить фактический выход металла по току.
21. Составить отчет.

Форма отчета

1. Цель работы и задание.
2. Расчеты параметров технологического процесса восстановления детали осталиванием на асимметричном режиме.
3. Расчеты времени выдержки, фактического «выхода по току».
4. График асимметричного тока и схема установки для его получения.

Контрольные вопросы

5. Преимущества процесса осталивания перед хромированием.
6. Для восстановления каких деталей применяется осталивание?
7. С какой целью добавляют в электролит поваренную соль и соляную кислоту?
8. Какие электролиты применяются при осталивании?
9. Какие новые технологические приемы интенсификации гальванических процессов вы знаете?
10. В чем заключается физическая сущность получения качественных покрытий на асимметричном режиме?
11. Принцип работы установки для получения асимметричного тока.

Лабораторная работа №3
Восстановление деталей гальваническим осаждением меди

Цель работы: Закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки для проектирования технологии восстановления изношенных поверхностей гальваническим осаждением меди.

Задание:

1. Изучить содержание работы, технологию гальванического осаждения меди, оборудование, правила по технике безопасности.
2. Произвести расчет толщины покрытия с учетом последующей механической обработки.
3. Произвести расчет технологического процесса восстановления изношенных поверхностей детали.
4. Произвести гальваническое осаждение меди в соответствии с разработанными процессами восстановления детали.
5. Описать качество покрытия.
6. Составить отчет.

Оснащение рабочего места:

1. Ванна для меднения ОГ-1349 А;
2. Ванна обезжиривания;
3. Ванна для промывки;
4. Аналитические весы ВА-200;
5. Детали, подлежащие восстановлению;
6. Микрометры МК-25, МК-50, МК-75.

Общие сведения

Медное покрытие благодаря хорошему сцеплению осажденной меди с различными металлами применяется в многослойных защитно-декоративных покрытиях в качестве промежуточного подслоя, а также для защиты стальных деталей от цементации. Меднение применяется при ремонте бронзовых втулок верхних головок шатунов для восстановления их наружных поверхностей.

Толщина медных покрытий в зависимости от назначения может быть в пределах 10 – 30 мкм.

Технология осаждения меди мало отличается от других гальванических процессов. Основное отличие заключается в том, что при подготовке деталь шлифуют не на шлифовальных станках, а на войлочных кругах, на которые нанесен (наклеен) мелкий наждачный порошок. Можно также применять для этой цели наждачную шкурку.

Восстановленные втулки осаждают при помощи специального приспособления и 20-тонного пресса. При осадке втулки диаметр ее уменьшается. Осаждение втулки запрессовывают в верхнюю головку шатуна. Для получения точного размера и чистой, гладкой, поверхности втулки подвергают сначала черновому, а затем чистовому развертыванию, или растачиванию, на станке УРБ-ВПУНКТОМ

Электролиты меднения подразделяют на кислые и цианистые. Из кислых электролитов используют серноокислые и борфтористоводородные. Наибольшее применение нашли серноокислые электролиты, отличающиеся простотой состава, устойчивостью и высоким выходом по току (до 100%). Недостатком этих электролитов является невозможность непосредственного покрытия стальных и цинковых деталей вследствие контактного выделения меди, имеющей плохое сцепление с основным металлом.

Рассеивающей способностью электролита называется величина, характеризующая свойство электролита давать равномерные по толщине покрытия на катодах сложной формы. Она зависит от электропроводности, поляризации катода и характера изменения выхода по току при изменении катодной плотности тока.

Рассеивающую способность электролита оценивают по формуле (13)

$$P = \frac{K - M}{M} \cdot 100\% , \quad (13)$$

где К – относительное отклонение межэлектродных расстояний,

М– отношение выделившихся масс осадков.

Относительное отклонение межэлектродных расстояний определяют по формуле (14)

$$K = S_2/S , \quad (14)$$

где S_2 – расстояние между анодом и дальним катодом, мм;
 S_1 – расстояние между анодом и ближайшим катодом, мм.

Отношение выделившихся масс осадков определяют по формуле (15)

$$M = \frac{M_B}{M_D}, \quad (15)$$

где M_B и M_D – масс осадков выделившихся, соответственно на ближнем и дальнем катодах.

Из кислых электролитов наиболее производителен борфтористоводородный следующего состава: 230 – 240 г/л борфтористой водородной меди $Cu(BF_4)_2$, 10 – 15 г/л борфтористоводородной кислоты HBF_4 и 10 – 15 г/л борной кислоты H_3BO_3 .

Режим электролиза: $T=20 - 60^\circ C$, $D_k=20 - 60 A/dm^2$.

В ремонтном производстве целесообразно использовать раствор следующего состава: 200 – 250 г/л сернокислой меди, 50 – 75 г/л серной кислоты. Режим электролиза: $T=18 - 20^\circ C$; плотность тока при перемещении электролита 15 – 20 A/dm^2 , без перемещения 3 – 4 A/dm^2 .

Аноды для меднения во всех случаях применяются растворимые из чистой меди марки М1.

Таблица 5 – Дефекты сернокислого электролита меднения и способы их устранения

Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Грубая крупнокристаллическая структура осадков	Недостаток кислоты Высокая плотность тока	Добавить кислоту Снизить плотность тока
Шероховатые осадки	Загрязнение электролита механическими примесями	Отфильтровать электролит
Черные и коричневые полосы на покрытии	Присутствие в электролите примесей тяжелых металлов, мышьяка, сурьмы	Проработать электролит, при большом содержании примесей электролит заменить
Пористые, рыхлые осадки	Наличие в электролите солей железа	Отфильтровать электролит, проработать его током
Светлые, блестящие полосы на покрытии, осадки хрупкие	Присутствие в электролите органических примесей	Отфильтровать электролит, проработать его током

Порядок выполнения работы

1. Определить толщину медного покрытия по формуле (16)

$$h = \frac{\rho}{2} + h_1, \quad (16)$$

где h_1 – припуск на механическую обработку детали после покрытия, $h_1 = 0,05 - 0,07$ мм;

ρ – величина диаметрального износа детали по внутреннему диаметру, мм.

2. Рассчитать максимальное и минимальное значения силы катодного тока меднения по формулам (17) и (18)

$$J_{\min} = D_{\min} \cdot F, \quad (17)$$

$$J_{\max} = D_{\max} \cdot F, \quad (18)$$

где F – площадь покрываемой поверхности детали, дм^2 ;

J_{\min} ; J_{\max} – минимальное и максимальное значения плотности тока при меднении, А/дм^2 .

3. Определить продолжительность электролиза в зависимости от необходимой толщины осадка (h) по формуле (19)

$$t = \frac{h \cdot q \cdot 1000}{D_{\kappa} \cdot C \cdot \eta}, \quad (19)$$

где q – удельная масса меди, $q = 8,9$ г/см^3 ;

C – электрохимический эквивалент меди, $C = 1,186$ $\text{г/А} \cdot \text{ч}$;

η – выход меди по току, $\eta = 80 \div 96$ %;

D_{κ} – фактическая плотность тока, А/дм^2 .

4. Зачислить наружную поверхность втулки наждачной бумагой до блеска.
5. Взвесить деталь на весах с точностью до 0,1 мг.
6. Закрепить втулку на подвеску.
7. Произвести химическое обезжиривание детали.
8. Промыть деталь в проточной воде и проверить качество обезжиривания.
9. Произвести гальваническое осаждение меди на наружную поверхность втулки.
10. После окончания меднения, отключить ток, вынуть деталь из ванны, промыть в проточной воде, высушить, снять с подвески.
11. Определить толщину осажденного слоя (h_{ϕ}), подсчитать скорость осаждения по формуле (20)

$$K = \frac{h_{\phi}}{2 \cdot t_{\phi}}, \quad (20)$$

где h_{ϕ} – фактическая толщина осадка, мм;

t_f – фактическая продолжительность осаждения, мин.

12. Определить вес осажденного металла и подсчитать выход по току.
13. Дать заключение по качеству восстановления детали и возможности ее использования.
14. Составить отчет.

Форма отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Расчеты параметров режимов технологического процесса восстановления детали меднением.
4. Описание качества покрытия.
5. Технологический процесс гальванического осаждения меди.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяется гальваническое осаждение меди?
2. Особенности технологии нанесения медных покрытий.
3. Что вы понимаете под рассеивающей способностью электролита?
4. Какие электролиты применяются при меднении?
5. Преимущества и недостатки кислых электролитов.

Лабораторная работа №4
Восстановление деталей химическим никелированием

Цель работы: Закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки для проектирования технологии восстановления изношенных поверхностей химическим никелированием.

Задание:

1. Изучить содержание работы, технологию химического никелирования, оборудование.
2. Подготовить раствор для химического никелирования и разработать технологию восстановления.
3. Определить величину износа детали и толщину покрытия с учетом последующей механической обработки.
4. Произвести осаждение никеля в соответствии с разработанной технологией.
5. Проверить качество покрытия.
6. Составить отчет.

Оснащение рабочего места:

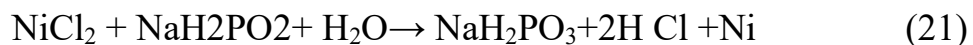
1. Ванна для химического никелирования;
2. Ванна травления;
3. Ванна обезжиривания;
4. Ванна для промывки детали в воде;
5. Аналитические весы ВА-200;
6. Детали подлежащие восстановлению;
7. Микрометры Мк-25, МК-50;
8. Микротвердомер ПТМ-3;
9. Методические указания по проведению лабораторной работы.

Общие сведения

Благодаря высокой коррозионной стойкости в растворах щелочей никелевые покрытия применяют для защиты химических аппаратов от щелочных растворов. В пищевой промышленности никель может заменять оловянные покрытия. В оптической промышленности получил распространение процесс черного никелирования. Химическое никелирование применяют для покрытия никелем деталей любой конфигурации. Химически восстановленный никель обладает высокой коррозионной стойкостью, большой твердостью и износостойкостью, которые могут значительно повышены при термической обработке (после 10-15 мин нагрева при температуре 400⁰С твердость химически осажденного никеля повышается до 8000 МПа). При этом возрастает и прочность сцепления. Никелевые покрытия, восстановленные гипофосфитом, содержат до 15% фосфора.

Соли, входящие в состав раствора, регулируют уровень концентрации водородных ионов, которые образуются в ходе реакции и оказывают влияние на скорость ее протекания. Существует гипотеза, что процесс химического никелирования носит 2-й ступенчатый характер:

1. Каталитическое разложение гипофосфита водой с образованием атомарного водорода



С повышением температуры скорость протекания этой реакции возрастает.

2. Водород, воздействуя на ион никеля, образует атом никеля (металлический никель):



Одновременно идет реакция восстановления гипофосфоритной кислоты водородом, в результате чего покрытие насыщается фосфором:



Степень полезного использования гипофосфита достигает около 40%. Восстановление никеля из солей гипофосфитом самопроизвольно начинается только на металлах группы железа, которые катализируют этот процесс. Для покрытия других каталитически неактивных металлов (например, меди, латуни) необходим контакт этих металлов в растворе с алюминием или другими более электроотрицательными, чем никель, металлами. Для этой цели используют активирование поверхности обработкой ее в растворе хлористого палладия (0,1-0,5 г/л) в течении 10-60 с. на некоторых металлах, таких, как свинец, олово, цинк, кадмий, никелевое покрытие не образуется даже при использовании методов контактирования и активирования. Химическое осаждение никеля возможно как из щелочных, так и из кислых растворов.

Химическое никелирование осуществляют в стеклянных, фарфоровых или железных эмалированных ваннах. В качестве материала подвесок применяют углеродистую сталь.

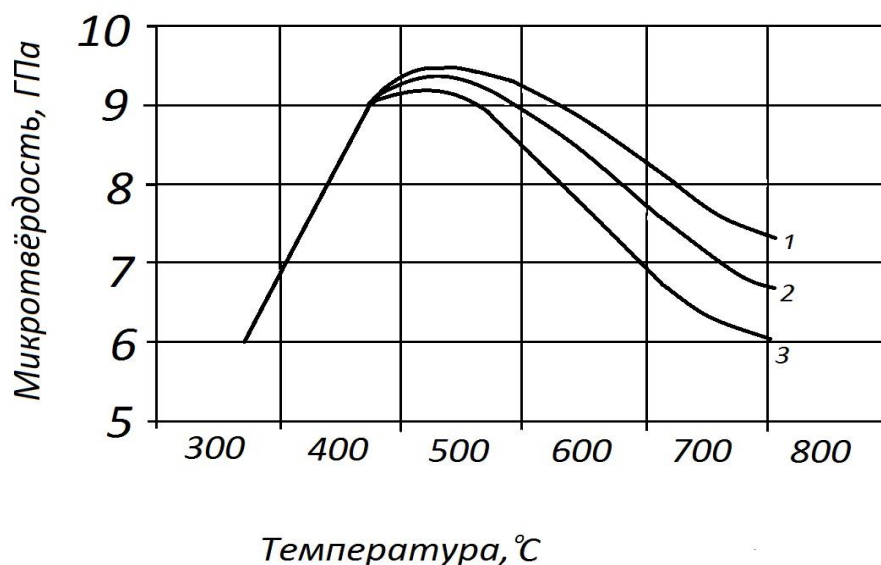
Преимущество данного процесса гальванического покрытия перед другими способами гальванического покрытия заключается в том, что он протекает без изменения электрического тока, дает равномерное покрытие по толщине не деталей любой конфигурации. При этом способе обеспечивается высокая плотность загрузки 2 дм^2 на литр раствора, а также достигаются высокая твердость, износостойкость, антикоррозионная стойкость.

К недостаткам относятся низкая производительность процесса $15\text{--}30 \text{ мкм/ч}$, высокая стоимость и дефицитность химикатов.

Химическое никелирование применяется для восстановления деталей с небольшими износами, таких как плунжерной пары.

Фосфор повышает твердость покрытий. При термической обработке никель с фосфором образуют новую фазу – фосфид никеля, имеющий повышенные твердость и износостойкость. Зависимость микротвердости никеля от температуры и времени выдержки показаны на рисунке 5. Содержание фосфора в никеле зависит от кислотности раствора.

С увеличением кислотности количество его повышается. Покрытия, получаемые из кислых растворов ($\text{pH}=4,5 - 5,5$), содержат $8\text{--}10 \%$ фосфора, а из щелочных ($\text{pH}=8 - 9$) – $5\text{--}6 \%$. Из кислых растворов никель наиболее интенсивно осаждается при температуре $90\text{--}95 \text{ }^\circ\text{C}$, а из щелочных – при температуре $82\text{--}88 \text{ }^\circ\text{C}$.



1 – 15 мин, 2 – 30 мин, 3 – 60 мин.

Рисунок 5 – Зависимость микротвердости химически никелированного слоя от температуры и времени выдержки

Технологический процесс

1. Детали, подлежащие восстановлению, промывают в бензине и сушат на воздухе.
2. Изолируют места, не подлежащие покрытию цапонлаком и сушат, выдерживая в сушильном шкафу при температуре 90 – 110 °С в течении 20 – 30 мин.
3. Обезжиривают детали в растворе каустической соды до полного удаления следов жира и промывают в проточной воде.
4. Травят поверхность детали в 6 %-м растворе соляной кислоты в течении 2 – 3 мин при температуре 15 – 20 °С, затем промывают в дистиллированной воде и быстро переносят в ванну для химического никелирования.
5. Процесс никелирования ведется в растворах, составы которых приведены в таблице 6. Плотность нагрузки ванны должна быть не более 1,2 дм²/л.
6. После никелирования деталь промывают в проточной воде, сушат на воздухе, нагревают в муфельной электропечи до температуры 400 – 450 °С и выдерживают в этих условиях 50 – 60 мин.

Таблица 6 – Составы растворов для химического никелирования стальных деталей

Компоненты	Состав растворов условного номера, г/л		
	1-й	2-й	3-й
Серноокислый никель – Ni ₂ SO ₄ ·7H ₂ O	30	-	-
Гипофосфит натрия – NaH ₂ PO ₂ ·H ₂ O	10	12	22-23
Уксуснокислый натрий – CH ₃ COONa	10	10	10
Хлористый никель - NiCl	-	30	21-22

Порядок выполнения работы

1. Изучить содержание данной работы.
2. Определить толщину покрытия по формуле (24)

$$h = \frac{u}{2} + h_1 \quad (24)$$

где u - величина диаметрального износа детали, мм;

h_1 – припуск на механическую обработку детали после никелирования,
 $h_1=0,01 - 0,02$ мм для плунжерных пар).

3. Подготовить раствор №1 согласно таблицы 6.

4. Произвести измерение, сделать эскиз детали, нанести соответствующие размеры.
5. Взвесить деталь на весах с точностью до 0,1 мг.
6. Обезжирить деталь в бензине и просушить на воздухе.
7. Обезжирить деталь в венской извести или карбидным илом и промыть в проточной воде.
8. Произвести химическое травление детали в 5%-м растворе соляной кислоты в течении 2 – 3 мин при температуре 15 – 20⁰С.
9. Промыть деталь в дистиллированной воде.
10. Завесить деталь в ванну никелирования. Зафиксировать время начала процесса.
11. По окончании времени выдержки отключить ток, деталь извлечь из ванны, промыть в проточной воде, высушить, освободить от подвески.
12. Установить толщину осажденного металла, измерив деталь после восстановления.
13. Подсчитать скорость охлаждения при химическом никелировании по формуле (25)

$$K_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{2t_{\phi}}, \quad (25)$$

где h_{ϕ} – фактическая толщина никелевого осадка, мм;
 t_{ϕ} – время осаждения, ч.

14. Описать результаты никелирования: внешний вид, микротвердость металла (определить с помощью микротвердомера).
15. Составить отчет.

Форма отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Описание технологического процесса химического никелирования.
4. Описать результаты никелирования: внешний вид, микротвердость металла.
5. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Сущность процесса химического никелирования.
2. Основные преимущества и недостатки химического никелирования перед гальваническими способами восстановления деталей.
3. Для чего производится термическая обработка деталей после химического никелирования?
4. Какие растворы применяются для химического никелирования?
5. Какие автотракторные детали целесообразно восстанавливать химическим никелированием?

Список используемых источников

1. Ремонт автомобилей и двигателей: Учеб. для студ. сред. проф. учеб. заведений (В. И. Карагодин, Н. Н. Митрохин. 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия»: Мастерство, 2002.–496с.
2. Батищев А.Н. Пособие гальваника-ремонтника. – М.: Агропромиздат, 1986, – 192с.
3. Основы ремонта машин (Под общ. ред. Петрова Ю. Н. – М.: Колос, 1972, –527с.
4. Технология и оборудование ремонта автомобилей: учеб. Пособие (А. С. Савич, В. ПУНКТОМ Иванов, В. К. Ярошевич. – Минск : Алукация і выхаванне, 2009.–464с. :ил.
5. Спицын И.А. Новые технологические процессы восстановления деталей гальваническим способом. – М.–Росинформгротех, 2001.– 48с.
6. Курчаткин В.В. Учебник Надежность и ремонт машин. – М.: Колос, 2002г.
7. Коротин А.И. Технология нанесения гальванических покрытий. – М.: Высшая школа, 1984. – 200с.

Содержание

Общие указания по выполнению лабораторных работ	3
Техника безопасности при выполнении лабораторных работ	3
Общие сведения	4
Лабораторная работа №1 Восстановление деталей гальваническим осаждением хрома	6
Лабораторная работа №2 Восстановление деталей гальваническим осаждением железа	13
Лабораторная работа №3 Восстановление деталей гальваническим осаждением меди	20
Лабораторная работа №4 Восстановление деталей химическим никелированием	25
Список используемых источников	30

Бадардинова Татьяна Егоровна
Семенчук Наталья Васильевна

Методические пособие к выполнению практических работ
по МДК01.02. Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта
ПМ.03 Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей
сельскохозяйственных машин и механизмов; ремонт отдельных деталей и узлов

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать . Формат 60x84/16
Усл. печ. л. Тираж

Издательство Иркутского государственного аграрного университета
им. А.А. Ежевского
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный