

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.05 Современные технологии восстановления деталей

Направление подготовки (специальность) 35.04.06 Агроинженерия

**Профиль подготовки (специализация) «Технологии и средства механизации
сельского хозяйства»**

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 «Очистка и мойка деталей машин	3
1.2 Лекция № 2 «Дефектация деталей машин»	3
1.3 Лекция № 3 «Классификация способов восстановления изношенных поверхностей и дефектов деталей машин»	4
1.4 Лекция № 4 «Применение сварки и наплавки для ремонта деталей машин»	4
1.5 Лекция № 5 «Сущность и особенности применения индукционной, аргонно-дуговой, электронно-лучевой, лазерной сварки и наплавки»	5
1.6 Лекция № 6 «Современные способы применения плазменного напыления и наплавки для восстановления изношенных поверхностей деталей машин»	5
1.7 Лекция № 7 «Способы восстановления деталей напылением»	6
1.8 Лекция № 8 «Восстановление деталей электролитическим осаждением металлов»	8
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	10
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 «Методы контроля и дефектации деталей»	
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 «Шлифование шатунных шеек коленчатого вала двигателя А-41М на ремонтный размер»	
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 «Проверка состояния и ремонт деталей механизма газораспределения ДВС»	
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 «Вибродуговая наплавка»	
2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 «Растачивание и хонингование цилиндров двигателей под ремонтный размер»	
2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 «Расточка вкладышей коренных подшипников в блоке двигателя Д-50»	
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 «Наплавка под слоем флюса»	
2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 «Изучение оборудования и технологии сварки в среде углекислого газа»	
2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 «Восстановление деталей машин электролитическим хромированием»	

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Очистка и мойка деталей машин»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Значение и задачи очистки и мойки деталей машин.
2. Классификация способов очистки и мойки
3. Современные моющие средства

Краткое содержание вопросов:

1. Рассматриваются виды и характеристика загрязнений:
 - растительные остатки;
 - маслянисто – грязевые отложения;
 - старые лакокрасочные покрытия;
 - технологические загрязнения;
 - остатки ядохимикатов;
 - продукты коррозии;
 - накипь;
 - смазочные материалы;
 - осадки;
 - лаковые отложения;
 - нагар.
 2. Классификация способов очистки и мойки деталей:
 - выварка в стационарных ваннах;
 - струйный;
 - вибрационный;
 - пневматический;
 - ультразвуковой;
 - химико – термический;
 - электрохимический.
 3. Современные моющие средства:
 - органические растворители и растворяющие – эмульгирующие средства (ОР и РЭС);
 - кислотные растворители (КС);
 - синтетические моющие средства (СМС).
- А так же рассматриваются конкретные марки моющих средств и их применение.

Лекция №2 (2 часа)

Тема: «Дефектация деталей машин»

1. Вопросы лекции

1. Требования на дефектацию деталей
2. Современные способы и оборудование для выявления дефектов деталей машин.
3. Контроль пространственной геометрии корпусных деталей

Краткое содержание вопросов

При дефектации деталей руководствуются техническими требованиями, специально разработанными для этой цели. В основном руководствуются требованиями ГОСНИТИ. Рекомендуется сортировать детали на 5 групп и маркировать их красками:

- годные (зеленой);
- годные в сопряжении с новыми или отремонтированными до номинальных размеров (желтой);
- подлежащие ремонту на данном предприятии (белой);
- подлежащие ремонту на спецпредприятии (синей);
- негодные или выбракованные (красной).

Состояние деталей при дефектации оценивается следующим образом:

- осмотром;
- микрометражом;
- гидравлическим или пневматическим испытанием;
- специальными приборами и приспособлениями (измерение твердости, упругости колец, измерения радиального зазора и т.п.);
- оборудование для магнитного, люминесцентного, ультразвукового, рентгеновского метода и т.п.

По оборудованию, прибором и инструменту рекомендовать имеющиеся на кафедре, а также использовать журнал «Дефектоскопия», УрО РАН.

Этот контроль излагать на примере контроля посадочных мест под подшипниками блока двигателя внутреннего сгорания, определения радиуса кривошипа коленчатого вала д.в.с., контроля правильной геометрии рамы трактора, автомобиля и т.п.

Лекция № 3 (2 часа)

Тема: «Классификация способов восстановления изношенных поверхностей и дефектов деталей машин»

1. Вопросы лекции

1. Практические приемы применения способа пластического деформирования.
2. Перспективы применения способа вибронакатки поверхностей трения для повышения ресурса работы сопряжения

2. Краткое содержание вопросов

Рассмотреть типовые дефекты и износы деталей машин, методы восстановления посадок без изменения размеров деталей, с изменением размеров деталей и восстановлением до первоначальных размеров.

Показать расчет числа ремонтных размеров. Дать классификацию способов восстановления деталей – от изношенной поверхности детали – наращиванию и получению ремонтной заготовки – обработки детали до получения первоначального или ремонтного размера. Сущность пластической деформации. Практические применения способов пластического деформирования при восстановлении деталей машин, а также рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Применение способа вибронакатки поверхностей трения (или нанесения микрорегулярного рельефа) с целью повышения ресурса работы детали. Привести примеры из работы профессора Шнайдера В.А., а также работы проводимые на кафедре по нанесению вибронакатки на гильзы двигателей внутреннего сгорания.

Лекция №4 (2 часа)

Тема: «Применение сварки и наплавки для ремонта деталей машин»

1. Вопросы лекции

1. Современное сварочное и наплавочное оборудование.
2. Особенности сварки и наплавки чугуновых деталей и деталей из алюминиевых сплавов

Краткое содержание вопросов

Рассмотреть вопросы о возможности применения ручной наплавки для некоторых деталей машин, питание сварочной дуги от источников постоянного и переменного тока, защита сварочной ванны от внешней среды, применение электродов, расчет режимов сварки.

Сущность и применение вибродугового способа наплавки, наплавка под слоем флюса, наплавка в среде защитных газов. Современное оборудование для проведения сварочных и наплавочных операций.

Как осуществляется горячая и холодная сварка чугуновых деталей, марки электродов, приемы и технология проведения сварочных и наплавочных работ. Особенности сварки и наплавки алюминия и его сплавов. Технология проведения работ плавящимся и неплавящимся электродами. Режимы сварки и наплавки.

Лекция №5 (2 часа)

Тема: «Сущность и особенности применения индукционной, аргонно-дуговой, электронно-лучевой, лазерной сварки и наплавки»

1. Вопросы лекции

1. Применение индукционной наплавки.
2. Особенности применения аргонно-дуговой сварки.
3. Применение электронно-лучевой сварки и наплавки.
4. Применение лазерной сварки и наплавки.
5. Современное оборудование и технологии

2. Краткое содержание вопросов

Технология индукционной наплавки основана на использовании токов высокой частоты (ТВЧ) для подогрева металла детали и расплавления присадочного материала (порошка).

Принципиальная схема установки для индукционной наплавки должна показать как обеспечивается наращивание присадочного материала на изношенную, поверхность детали.

Привести примеры использования индукционной наплавки при восстановлении: биметаллических вкладышей; зеркала гильзы цилиндра: фаску клапана двс и т.д.

Технология аргонно-дуговой сварки основана на том, что дуга горит между деталью и вольфрамовым электродом. В зону дуги подается аргон и присадочный материал. Дуга разрушает поверхностную окисную пленку, а аргон предохраняет расплавленный и присадочный материал от окисления.

Привести принципиальную схему установки, режимы сварки, технологию получения качественного сварочного шва и примеры где можно использовать технологию для ремонта деталей из алюминиевых сплавов.

Способ электронно-лучевой сварки (наплавки) основан на использовании энергии, высвобождаемой при торможении потока ускоренных электронов в свариваемых материалах.

Привести схему установки, обосновать высококонцентрированное вложение энергии в наплавляемый материал, показать преимущества этого способа по производительности процесса, в 10...15 раз выше индукционной наплавки, и применение универсальных установок ЭЛЛУ-4, У-3М2 и др.

Способ представляет собой получение покрытий с заданными физико-механическими свойствами нанесения наплавочного материала, с последующим оплавлением его лазерным лучом.

Привести схему установки для лазерной наплавки порошковыми материалами, технологию, режимы наплавки и применяемое оборудование (установки: ЛГН-702, ЛОКК-3М, ЛТ1-2 и др.).

Лекция №6 (2 часа)

Тема: «Современные способы применения плазменного напыления и наплавки для восстановления изношенных поверхностей деталей машин»

1. Вопросы лекции

1. Применение плазменного напыления.
2. Особенности применения плазменной наплавки.
3. Оборудование и технологии.

2. Краткое содержание вопросов

В специальных устройствах, называемых плазмотронами, плазмообразующий газ, протекая сквозь столб электрического разряда, ионизируется и превращается в плазму. Рабочая температуры струи находится в пределах 7000...15000 °С.

Плазмообразующим газом обычно является аргон и используется также как и транспортирующий для подачи напыляемого порошка на изношенную поверхность детали.

Представить схему установки для плазменного напыления порошками. Варианты с применением проволоки.

Для плазменного напыления разработаны установки УПУ-3М, УМП-4-64, УМП-5-68 и др.

Для плазменного напыления с последующим оплавлением наиболее пригодны так называемые самофлюсующиеся порошковые материалы никельхромборкремниевой группы: Ni-Cr-B-Si-C в виде гранулированных порошков.

В схемах установок для плазменной наплавки перераспределение энергии между дежурной и прямой дугой осуществляют при помощи балластных реостатов. Наплавка осуществляется за счет тепла прямой дуги, а дежурная служит главным образом для ее возбуждения.

В качестве источников тока можно применить преобразователи типа ПСО, имеющие напряжения холостого хода не ниже 60 вольт.

Для восстановления деталей применяют вращатели – б/утокарно-винторезные станки или установки типа У-653 позволяющие изменить частоту вращения детали.

В качестве наплавочного материала используют порошки или проволоки соответствующих марок конкретных деталей, изготовленных из различных сталей.

Лекция №7 (2 часа)

Тема: «Способы восстановления деталей напылением»

1. Вопросы лекции

1. Достоинства и недостатки способов напыления дуговой, газопламенной, детонационной.
2. Технология нанесения покрытий.
3. Оборудование и материалы.

2. Краткое содержание вопросов

Газотермическое напыление – это процесс получения покрытий с применением высокотемпературной газовой струи, используемой для напыления частиц расплавленного металла на поверхность восстанавливаемой детали, соединение с которой осуществляется путем металлургического взаимодействия и механического сцепления.

Для расплавления металла используется дуговой разряд, газовое пламя, плазменная струя, детонационная волна и это послужило основой для названия способов напыления.

Достоинства: простота конструкций установок для некоторых способов, для переноса материала на изношенную поверхность может быть использоваться воздух; наносимый слой покрытия может быть от 12 мкм до 12 мм и более.

Недостатки: высокое качество подготовки поверхности для напыления (применение пескоструйной очистки, нанесения «французской резьбы» и т.п.); напыление поверхности должно подвергаться спеканию; металлизационный слой неустойчив к ударным, механическим, колебательным нагрузкам и к скручиванию.

Электродуговое напыление (металлизация) – это процесс, при котором металл, чаще всего в виде двух электродных проволок, расплавляется электрической дугой и, затем, струей сжатого воздуха, наносится на предварительно подготовленную поверхность изношенной детали. Процесс осуществляется специальным аппаратом – металлизатором. (Привести схему электродугового напыления)

Режимы напыления:

Расстояние детали от очага плавления проволоки 75...100мм;

Давление сжатого воздуха 0,45...0,6 МПа;

Скорость капель жидкого металла 120...130 м/с;

Толщина покрытия до 10 мм;

Металлизаторы марок ЭМ-14М (переносной), стационарные – ЭМ-12М, ЭМ-15М.

При газопламенном напылении материал в виде порошка или проволоки плавится в высокотемпературном источнике тепла, образующегося в результате горения смеси кислорода и горючих газов и струей транспортирующего газа наносится на предварительно подготовленную поверхность восстанавливаемой детали.

Представить схему газопламенного напыления, представить технологию и режимы напыления:

- расстояние металлизатора до детали 150...250мм

- предварительный подогрев детали до 50...100 °С

- толщина напыления 1,3...1,8 мм на сторону

Выпускаются установки 011-1-09 «Ремдеталь»

Для подготовки поверхности для напыления (струйной обработки) 026-7 «Ремдеталь».

Детонационное напыление – это процесс нанесения покрытия на поверхность изношенных деталей с использованием энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси. Осуществляются на специальных установках (пушках). В рабочую камеру установки подается горючая смесь и напыляемый порошок. С помощью электрической искры смесь поджигается (взрывается), и из взрывной камеры по стволу установки пламя распространяется до возникновения детонационной волны. Скорость распространения детонационной волны 1000...3500 м/с. Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые, кроме тепловой, получают и кинетическую энергию. Скорость выхода порошка из пушки 600...1000 м/с. Установленная на пути следования потока газов и порошка деталь покрывается частицами напыляемого материала, образуя плотный слой покрытия.

Детонационное напыление, в сравнении с ранее рассмотренными способами, имеет ряд преимуществ:

- более высокая скорость перемещения частиц металла;

- более высокая сцепляемость покрытия с основой;

- получение покрытия плотной структуры, пористость не превышает 1%.

В качестве горячей смеси используется кислород с пропан - бутановой смесью, ацетиленом или пропаном. Газ подается из баллонов и смешивается в смесительной камере. Наибольшая скорость детонации достигается при содержании, например, кислорода и ацетилена в соотношении 1:1, а наибольшее тепловыделение при содержании кислорода 71 % (по объему).

Деталь в процессе напыления нагревается до температуры не более 250 °С, покрытия характеризуются высокой износостойкостью.

Необходимую толщину покрытий получают повторением циклов стрельбы. За один цикл можно получить толщину покрытия от 5 до 20 мм площадью 400 мм².

Можно получить покрытия из различных материалов – бронзы, карбидов тугоплавких металлов, а также оксидов.

Можно восстанавливать детали – валы, оси, посадочные места корпусных деталей, корпуса насосов НШ, втулки, вкладыши и т.п.

Для этих целей выпускаются установки «Катунь», «Корунд», «Димет» и др.

Лекция №8 (2 часа)

Тема: «Восстановление деталей электролитическим осаждением металлов»

1. Вопросы лекции

1. Особенности технологии нанесения покрытий хромированием и железнением.
2. Электролиты, режимы осаждения покрытий.
3. Местное осталивание.

2. Краткое содержание вопросов

В основе электролитического осаждения металлов лежит явление электролиза. Электролизом называются химические процессы, совершающиеся на электродах при прохождении через электролит электрического тока.

При гальваническом покрытии деталей в качестве электролита применяют обычно раствор соли осаждаемого металла (в электролит вводят также некоторые компоненты, улучшающие свойства покрытий, увеличивающие электропроводность электролита и т.д. Катодом служат предварительно очищенные и подготовленные детали, подлежащие покрытию, а анодом – пластины из осаждаемого металла (для хромирования – из свинца).

Количественно процесс электролиза подчиняется двум законам, открытым Фарадеем в 1833 году:

Масса вещества, выделившегося на катоде или растворившегося на аноде, прямо пропорциональна силе тока и времени его прохождения, т.е. прямо пропорциональна количеству прошедшего через электролит электричества.

При прохождении одного и того же количества электричества через разные электролиты масса выделившихся или растворившейся веществ пропорциональна их химическим эквивалентам.

Оба закона Фарадея выражаются формулой

$$M_{\text{Т}} = \tilde{N} \cdot \gamma \cdot t,$$

где $M_{\text{Т}}$ – масса выделившегося на катоде вещества, г;

\tilde{N} – электрохимический эквивалент вещества, г/А·ч;

γ – сила тока, проходящего через электролит, А;

t – продолжительность электролиза

Отношение практически полученного на катоде количества металла $M_{\text{ПК}}$ теоретически возможному называется катодным выходом металла по току, который выражает в процентах

$$\eta_{\text{Е}} = (I_{\text{П}} / I_{\text{О}}) \cdot 100 = (I_{\text{П}} / \tilde{N} \cdot \gamma \cdot t) \cdot 100$$

Выход по току – важнейший показатель электролиза, это к.п.д. процесса.

На основе законов Фарадея можно определить толщину осаждения контроля

$$h = \frac{\tilde{A}_{\text{Е}} \cdot \tilde{N} \cdot \eta_{\text{Е}} t}{1000 \cdot \gamma}$$

Или время, необходимое для получения покрытия заданной толщины

$$t = \frac{1000 \cdot \gamma \cdot h}{\tilde{A}_{\text{Е}} \cdot \tilde{N} \cdot \eta_{\text{Е}}}$$

где $\tilde{A}_{\text{Е}}$ – плотность тока, А/дм²;

γ – плотность осаждаемого металла, г/см³.

Электролитическое хромирование применяется при изготовлении и восстановлении деталей до толщины покрытий не более 0,3 мм.

Восстановление деталей хромированием осуществляется в следующем порядке.

Выполняются операции:

1. Очистка деталей от загрязнений и маслянистых отложений.
2. Механическая обработка с целью удаления следов износа.
3. Промывка деталей органическими растворителями.
4. Изоляция непокрываемых поверхностей.
5. Завешивание деталей в ванну для обезжиривания.
6. Обезжиривание (химическое, электрохимическое).
7. Промывка горячей водой (70...80 °С)
8. Промывка холодной водой.
9. Анодное травление в электролите:
100...150 г/л C_7O_3 и 2...3 г/л H_2SO_4
 $D_k = 25...40 \text{ А/дм}^2$ в течение 30...90 сек
10. Промывка в ванне улавливания электролита.
11. Хромирование
200...250 г/л C_7O_3 и 2...2,5 г/л H_2SO_4
 $D_k = 30...100 \text{ А/дм}^2$
Получение трех видов покрытий: блестящие, молочные, пористые.
12. Промывка в ванне улавливания электролита.
13. Нейтрализация деталей для предотвращения коррозии в 10 % растворе тринатрийфосфата при $t=70...80^\circ\text{C}$, время 3... 5 мин.
14. Промывка в горячей воде.
15. Демонтаж деталей с подвесок.
16. Контроль качества покрытий.
17. Механическая обработка до необходимого размера.

Железнение обладает хорошими технико-экономическими показателями. Толщина покрытий 0,8...1,2 мм, высокая производительность $\eta_k = 85\%$, возможность регулировать твердость покрытий до 65...70 HRc.

Железнение осуществляют в следующем порядке.

Выполняют с 1 по 8 подготовительные операции и далее

9. Анодное травление проводят в 30% растворе H_2SO_4 (365 г/л) и 10...20 г/л $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$ при $t=18...25^\circ\text{C}$.

10. Промывка водой (холодной).

11. Промывка водой (горячей).

12. Железнение

Например, электролит 300...500 г/л $FeCl_2 \cdot 4 H_2O$, кислотность (HCl) pH=0,8...1,2, $D_k=20...50 \text{ А/дм}^2$, $\eta_k = 85...95\%$.

И далее выполняются также операции с 13 до 18.

Возможно применение ассиметричных токов и местного осталивания (привести схему для восстановления посадочных мест в корпусных деталях).

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Все разделы методического перечня имеются в этих работах и опубликованы в практикуме по ремонту сельскохозяйственных машин. Практикум по ремонту сельскохозяйственных машин/С.А. Соловьев, В.Е. Рогов, В.П. Чернышев, В.А. Шахов, И.А. Бунин. Под ред. В.Е. Рогова – М., Колос, 2007. – 336с. (Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений.)