

**Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации**

**Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

А.А. Хохлов  
А.Л. Хохлов  
И.Р. Салахутдинов

**Основы технологии ремонта транспортно-  
технологических машин и комплексов  
краткий курс лекций**



**Димитровград - 2023**

**УДК 631.3.0**

**ББК 39.3**

**Х - 86**

**Хохлов, А.А.** Основы технологии ремонта транспортно-технологических машин и комплексов: краткий курс лекций / А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Д имитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2023.- 34 с.

Рецензенты: Глущенко Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Основы технологии ремонта транспортно-технологических машин и комплексов: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено

на заседании кафедры «Эксплуатация мобильных машин и социально - гуманитарных дисциплин Технологического института – филиала ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, протокол № 1 от 4 сентября 2023г.

Рекомендовано

к изданию методическим советом Технологического института – филиала ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ  
Протокол № 2 от 10 октября 2023г.

© Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2023

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2023

# Раздел 1. Производственный процесс ремонта машин и оборудования

## ЛЕКЦИЯ №1

### Тема: Вводная, основные понятия и определения

Вопросы:

1. Предмет и задачи, основные понятия и определения
2. Этапы и концепция развития технического сервиса машин и оборудования в АПК.

#### 1. Предмет и задачи, основные понятия и определения

«Технология ремонта машин» – синтезирующая научная дисциплина, использующая основные положения общинженерных и специальных дисциплин.

Является необходимой для последующего изучения дисциплин «Проектирование предприятий технического сервиса» и «Экономика и организация технического сервиса»

Задачи дисциплины: проектирование технологических процессов ремонта и восстановления изношенных деталей, сборочных единиц, машин и оборудования; определение оптимальных режимов выполнения производственных процессов; управление качеством ремонта машин и оборудования.

Разделы дисциплины: 1. Введение. Ремонт машин как средство повышения их долговечности. 2. Производственный процесс ремонта машин и оборудования. 3. Технологические процессы восстановления деталей. 4. Восстановление типовых деталей и ремонт сборочных единиц машин и оборудования. 5. Управление качеством ремонта.

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической или конструкторской документации.

Неисправное – состояние объекта, при котором он не удовлетворяет хотя бы одному из требований нормативно-технической или конструкторской документации.

Работоспособное – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической или конструкторской документации.

Неработоспособное – состояние, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции не соответствует требованиям нормативно-технической или конструкторской документации.

Предельное – состояние, при котором дальнейшее его применение по назначению недопустимо или нецелесообразно либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Ремонт - это комплекс операций, предназначенных для восстановления исправности и работоспособности изделий и восстановления технического ресурса изделий и их составных частей.

Ремонтируемый объект – объект, ремонт которого возможен и предусмотрен нормативно-технической или конструкторской документацией.

Неремонтируемый объект – объект, ремонт которого невозможен или не предусмотрен нормативно-технической или конструкторской документацией.

Виды ремонта:

Текущий ремонт (ТР) – выполняется для восстановления работоспособности машины путем замены и (или) восстановления отдельных составных частей, исключая базовые элементы.

Капитальный ремонт (КР) – выполняется для восстановления полного (или близкого к полному) ресурса изделия с заменой или восстановлением любых составных частей, в том числе базовых.

#### 2. Этапы и концепция развития технического сервиса машин и оборудования в АПК.

Ремонт машин как производственный процесс восстановления утраченной ими работо-

способности возник одновременно с появлением машин.

В 1924 г. стали выпускать первые отечественные тракторы «Фордзон—Путиловец». Их техническое обслуживание и ремонт проводили механики американских фирм.

В 1921 г. в Москве были построены Миусский авторемонтный завод, в 1929 и 1932 гг. — заводы АРЕМЗ-1 и МАРЗ-1.

Первое научно-исследовательское подразделение в России, начавшее разработку технологии ремонта машин и оборудования ремонтных мастерских, было создано во Всесоюзном научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства (ВИМ) в декабре 1930 г. инженерами Д. А. Клепиковым, А. Р. Либерманом и С. А. Петровым. В 1932 г. оно было преобразовано в лабораторию по созданию ремонтно-технологического оборудования, приспособлений, оснастки, приборов и инструмента.

Большая роль в развитии современного ремонтного производства принадлежит Государственному всероссийскому научно-исследовательскому технологическому институту ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГосНИТИ), организованному в 1953 г. В 1961 г. при нем было открыто Центральное опытно-конструкторское и технологическое бюро.

Значительное число технологических процессов и оборудования для восстановления и упрочнения деталей разработано Всероссийским научно-исследовательским институтом технологии упрочнения, восстановления и изготовления деталей (ВНИИТУВИД).

Большой вклад в науку о трении и изнашивании внесли профессора В.Д. Кузнецов, Б.И. Костецкий, И.В. Крагельский, М.М. Хрущов, Д.Н. Гаркунов, М.М. Тененбаум и др.

Технология восстановления деталей машин базируется на открытиях и изобретениях инженеров Н.Г. Славянова и Н.Н. Бенардоса (дуговая сварка); академика Б.С. Якоби (электролитическое осаждение металлов); академика Е.О. Патона (автоматизация сварочных процессов).

Вопросы надежности и ремонта машин освещены в трудах профессоров И.С. Левитского, Н.С. Ждановского, В.А. Шадричева, Л.В. Маслова, С.С. Черепанова, доцента Ю.Н. Артемьева, академиков А.И. Селиванова, В.И. Черноиванова, В.М. Кряжкова и др.

## ЛЕКЦИЯ №2

### Тема: Приемка объектов в ремонт

Вопросы:

1. Подготовка машины к ремонту.
2. Предремонтное диагностирование, его основные задачи и содержание.

#### 1. Подготовка машины к ремонту.

В подготовку входят промывка системы охлаждения и наружная очистка машины.

К наиболее распространенным способам удаления накипи относят очистку щелочными или кислотными моющими растворами.

Растворы для промывки системы охлаждения двигателя:

- кальцинированная сода (150);
- соляная кислота 5%-й концентрации (0,1);
- кальцинированная сода (100).

После работы двигателя в течение 10... 12 ч его останавливают, сливают раствор и промывают систему. Заполняют ее водой, заводят двигатель на 1 ч. Далее его останавливают и сливают воду из системы.

Воздействие щелочных и кислотных растворов приводит к коррозионным разрушениям некоторых деталей, выполненных как из черных (сталь, чугун), так и из цветных (латунь, припой) металлов.

*Наружную очистку* выполняют не только перед отправкой или постановкой машины на ремонт, но и перед проведением ТО и ее постановкой на хранение.

Машины очищают струей воды или раствора под напором до 1,8 МПа. Для этого ис-

пользуют моечные установки М-1100, М-1110, М-1112, М-107 и ОМ-830.

Один из наиболее эффективных способов — подача на очищаемую поверхность смеси пара с водой под давлением 0,6...2,0 МПа с помощью установок ОМ-3360А и ОМ-5362.

Дорожные загрязнения отмывают водяной струей при давлении 1,6...2,0 МПа и температуре 70...90°С без моющих средств, при более сильных загрязнениях используют моющие средства типа МС, Лабомид, «Темп», «Аэрол».

## **2. Предремонтное диагностирование, его основные задачи и содержание.**

Операцию предремонтного диагностирования тракторов проводят перед ТО-3 (текущим или капитальным ремонтом) для определения возможности их дальнейшего использования или вида и содержания ремонта; сельскохозяйственных машин — при постановке на длительное хранение после сезона эксплуатации; комбайнов — перед ремонтом, постановкой на хранение и перед началом работы. При этом уточняют объем ремонта, выявляют неисправности, поломки, износы, деформации и смещения, а также старение резиновых, тканевых и деревянных материалов, проверяют функционирование систем двигателя.

Цель диагностирования состоит в определении технического состояния и причин неисправностей машин и выдаче рекомендаций по выполнению необходимых операций ТО и ремонта.

При этом решают следующие задачи:

- проверяют исправность и работоспособность машины в целом или ее составных частей;
- устанавливают дефекты, нарушившие исправность или работоспособность машины;
- собирают исходные данные для прогнозирования остаточного ресурса или вероятности безотказной работы машины в межремонтный период.

Различают заявочное и ресурсное диагностирование: *при заявочном* определяют место и при необходимости причину, вид дефекта или состояние трактора в целом; *при ресурсном* — остаточный ресурс составных частей и машины в целом.

Для определения технического состояния машин используют две группы методов контроля: с помощью органов чувств (органолептический, или субъективный) и инструментальный (объективный).

*Органолептические методы* — осмотр, вслушивание, проверка механизмов на ощупь, что приводит к выявлению причин отказа или потери работоспособности машины с определенной погрешностью.

*Инструментальные методы* — применение специальных приборов, стендов и другого оборудования, обеспечивающего количественное измерение параметров состояния машин и износа деталей.

Различают следующие организационные методы диагностирования:

1. На одном стационарном посту (применяют в хозяйстве, где есть помещение пункта ТО с въездом и выездом машины);
2. Поточный (применяют при обслуживании большого числа машин на станции технического обслуживания тракторов или автомобилей);
3. С помощью передвижной диагностической установки (применяют при отсутствии помещения либо при заявочном диагностировании).

## **ЛЕКЦИЯ №3**

### **Тема: Очистка объектов ремонта**

Вопросы:

1. Виды и характеристика загрязнений, физика и химия очистки.
2. Восстановление моющих растворов.

#### **1. Виды и характеристика загрязнений, физика и химия очистки.**

Машинно-тракторный парк эксплуатируют в сложных условиях. При контакте с почвой, растениями, топливосмазочными материалами, удобрениями и и прочими факторами поверхно-

сти тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин покрываются слоями сложного и разнообразного состава — загрязнениями.

Загрязнения уменьшают устойчивость защитно-декоративных покрытий, повышают скорость коррозионных процессов, снижают уровень культуры технического обслуживания.

Рассматривают загрязнения наружных поверхностей (почвенные частицы, растительные остатки и др.), которые имеют слабые когезионно-адгезионные связи и загрязнения внутренних поверхностей (масла, смолистые отложения и др.) отличаются значительными когезионно-адгезионными связями.

Для удаления загрязнения наружных поверхностей достаточно обыкновенной воды, для удаления загрязнений внутренних поверхностей применяю водные растворы технических моющих средств (ТМС).

ТМС - многокомпонентные композиции, состоящие из поверхностно-активных веществ (ПАВ) и активных солевых добавок (карбонаты, силикаты и фосфаты). ТМС, обладают ингибирующим эффектом. Наилучшее моющее действие ТМС проявляется при температуре раствора 80°C.

Для повышения качества очистки объектов ремонта дополнительно применяют механические факторы - струю высокого давления, вибрацию и т. д.

Основные типы моечных машин и установок: *струйные, погружные и комбинированные.*

В машинах *струйного* типа механический фактор проявляется как удар струи на удаляемые загрязнения, что приводит к их разрушению и размыву.

При *погружной* очистке механическим фактором является вибрация ремонтируемых объектов, моющей жидкости или их совместного колебательного движения.

Комбинированные машины сочетают в себе принцип действия струйных и погружных машин.

## **2. Восстановление моющих растворов.**

Очистка ремонтируемых объектов с использованием жидких сред сопровождается накоплением в последних удаляемых загрязнений. При этом очищающая среда постепенно теряет свое моющее действие. Для восстановления моющей способности растворов предусмотрено несколько способов регенерации.

### Способы регенерации жидкой очищающей среды:

1. Естественное отстаивание

2. Центрифугирование

3. Коагуляция

4. Ультрафильтрация.

1. *Естественное* отстаивание происходит под действием гравитационных сил (силы тяжести). В результате твердые частицы оседают на дно, а нефтепродукты всплывают на поверхность.

2. При центрифугировании гравитационные силы заменяются центробежными, тем самым осуществляется интенсификация процесса естественного отстаивания.

В процессе естественного отстаивания и центрифугирования в моющем растворе остаются мельчайшие частицы загрязнений, которые снижают его эффективность. При накоплении их определенной концентрации, называемой критической, моющую способность водных растворов ТМС не удастся восстановить дополнительным введением любого количества ТМС.

3. Для удаления из отработанного моющего раствора мельчайших частиц применяют коагуляцию.

*Коагуляция* — это «склеивание» мелкодисперсных загрязнений и выведение их в осадок воздействием специальных коагулянтов.

В моющий раствор вводят смесь коагулянтов сернокислого железа FeSO<sub>4</sub> и гидроксид кальция Ca(OH). При этом обеспечивается удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов до 98 %.

Коагуляция длится 6...8 ч. В процессе взаимодействия коагулянтов с моющим раствором образуются хлопья, которые, осажаясь, адсорбируют на своей поверхности удаляемые загрязнения.

После охлаждения хлопьев и некоторого уплотнения осадка в регенерационной емкости образуются верхний слой отстоявшейся очищенной среды и нижний — скогулированной суспензии.

4. *Ультрафильтрация* — это безреагентный способ регенерации отработанных моющих растворов с использованием трубчатых мембран. В зависимости от размера мембран можно достичь таких условий, при которых вместе с раствором солей через мембрану пройдут и растворы ПАВ, служащие одним из компонентов ТМС.

## ЛЕКЦИЯ №4

### ТЕМА: Разборка машин и агрегатов

Вопросы:

1. Общие правила разборки.
2. Применяемое оборудование, инструмент и приспособления.

#### 1. Общие правила разборки.

Разборка осуществляется в строгой последовательности, предусмотренной технической документацией. ГОСНИТИ разработаны технологические карты на разборку машин на агрегаты, сборочные единицы и детали для каждой марки машин. В них указаны оборудование, инструмент, технические требования и порядок выполнения операций.

При капитальном ремонте, в обязательном порядке сначала разбирают машины на агрегаты и сборочные единицы, и только затем, агрегаты и сборочные единицы — на детали.

Основные приемы и принципы разборки следующие. Порядок ее выполнения должен точно соответствовать технологическим картам. При отсутствии технической документации, в первую очередь снимают легкоповреждаемые и защитные части (электрооборудование, топливную аппаратуру, топливо- и маслопроводы, шланги, крылья и т. п.), затем самостоятельные сборочные единицы (радиаторы, кабину, двигатель, редукторы), которые разбирают на детали.

При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отпускают на пол-оборота все болты или гайки и только после этого их вывертывают. Не разрешается применять зубило и молоток для отвертывания болтов, гаек, штуцеров, пробок, так как это может их повредить. Фасонные гайки и штуцера необходимо отвертывать только специальными ключами.

Запрессованные детали снимают под прессом или с помощью съемников и приспособлений. При выпрессовке подшипника из корпуса усилие прикладывают к наружному кольцу, а с вала — к внутреннему. Запрещается использовать ударный инструмент.

Нельзя раскомплектовывать детали, которые при изготовлении обрабатывают в сборе (крышки коренных подшипников с блоком, шатуны с крышками и др.). Нельзя обезличивать детали с совместной балансировкой, а также приработанные пары деталей и годные для дальнейшей работы (конические шестерни главной передачи, шестерни масляных насосов, распределительные шестерни и др.)

#### 2. Применяемое оборудование, инструмент и приспособления.

Для разборки машин и агрегатов применяют следующее оборудование и инструмент: стенды, прессы, гайковерты, ключи, съемники и приспособления.

Конструкция стенда должна обеспечивать безопасность и удобство выполнения работ, минимальные затраты времени на установку и снятие агрегата, а также возможность поворота агрегата в требуемое удобное положение.

По назначению стенды делят на универсальные и специализированные.

Универсальные предназначены для установки на них однотипных агрегатов машин различных моделей или разнотипных агрегатов одной модели.

Специализированные стенды служат для разборки однотипных агрегатов машин определенных моделей. Их обычно применяют на специализированных ремонтных предприятиях с большой программой.

В небольших мастерских общего назначения широко используют универсальные или специальные съемники.

Резьбовые соединения разбирают с помощью наборов гаечных ключей: малого (19 видов), среднего (30 видов) и большого (56 видов), колесиков, универсального механизированного инструмента, специальных установок.

Применение механизированного инструмента (пневматических, электрических и гидравлических гайковертов) позволит повысить производительность труда при разборке резьбовых соединений и сохранность деталей.

## ЛЕКЦИЯ №5

### ТЕМА: Дефектация деталей

Вопросы:

1. Основные требования на дефектацию.
2. Методы контроля геометрических параметров.
3. Методы обнаружения скрытых дефектов

#### 1. Основные требования на дефектацию.

*Дефектация* — операция технологического процесса ремонта машины, заключающаяся в определении степени годности бывших в эксплуатации деталей и сборочных единиц к использованию на ремонтируемом объекте.

В процессе эксплуатации под действием сил трения и изнашивания изменяются геометрические параметры деталей, шероховатость рабочих поверхностей и физико-механические свойства поверхностных слоев материала, а также возникают и накапливаются усталостные повреждения.

Под изменением геометрических параметров деталей понимают изменение их размеров, нарушение формы и отклонения взаимного расположения поверхностей.

К нарушениям формы относят: неплоскостность, непрямолинейность, овальность, конусность и т. д., к отклонениям взаимного расположения поверхностей — непараллельность плоскостей и осей вращения поверхностей, торцовое и радиальное биение, несоосность и т. д.

Усталостные повреждения нарушают сплошность материала, способствуют возникновению микро- и макротрещин, выкрашиванию металла рабочих поверхностей и излому деталей.

Изменение физико-механических свойств материала приводит к нарушению структуры материала, а также уменьшение или увеличение твердости, прочности и т. д.

Нарушения режимов эксплуатации и правил ТО могут приводить к короблению деталей, возникновению трещин, пробоин, облому фланцев крепления и др.

Степень годности деталей к повторному использованию или восстановлению устанавливают по технологическим картам на дефектацию. Оценку проводят сравнением фактических значений с допустимыми.

Номинальными считают размеры и другие технические характеристики деталей, соответствующие рабочим чертежам.

Допустимыми считают размеры и другие технические характеристики детали, при которых она может быть поставлена на машину без восстановления и будет удовлетворительно работать в течение предусмотренного межремонтного ресурса.

Предельными называют выбраковочные размеры и другие характеристики детали.

#### 2. Методы контроля геометрических параметров.

При дефектации используют следующие методы измерения:



абсолютный — прибор показывает абсолютное значение измеряемого параметра;  
относительный — отклонение измеряемого параметра от установленного размера;  
прямой – искомое значение отсчитывают непосредственно по прибору;  
косвенный – искомое значение отсчитывают по результатам измерения другого параметра, связанного с искомым непосредственной зависимостью;  
дифференциальный – измеряют значение каждого параметра;  
комплексный – суммарную погрешность отдельных геометрических размеров изделия;  
контактный – измерительный элемент прибора непосредственно соприкасается с контролируемой поверхностью;  
бесконтактный – измерительный элемент не соприкасается с поверхностью.

Существующие средства измерения подразделяют на следующие основные группы: калибры, универсальные измерительные инструменты и специальные приборы.

*Калибры* — бесшкальные измерительные инструменты для контроля отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей без определения численного значения измеряемого параметра.

Чаще всего используются калибры, разделяющие детали на группы: годные, негодные, подлежащие восстановлению.

*Универсальные инструменты и приборы* служат для нахождения значения контролируемого параметра в определенном интервале его значений. Применяют следующие измерительные средства: штриховые инструменты с нониусом, микрометрические, механические и пневматические приборы

Микрометрические приборы (микрометры, микрометрический нутромер и глубиномер.

Штриховые инструменты с нониусом (штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмус и штангензубомер).

Механические приборы (индикатор часового типа, рычажная скоба и рычажный микрометр)

Пневматические приборы давления - манометры и расхода – ротаметры

*Специальные измерительные средства* предназначены для контроля конкретных деталей с высокой производительностью и точностью. К ним относят, например, приборы для проверки изгиба и скрученности шатунов, и радиального биения подшипников качения, оправки для проверки соосности гнезд коренных подшипников блока цилиндров и др.

### **3. Методы обнаружения скрытых дефектов**

Дефекты по возможности обнаружения подразделяют на: явные и скрытые. Явные дефекты — это трещины, обломы, пробоины, смятие, коррозия. Их определяют визуально (невооруженным глазом, через лупу 5...10-кратного увеличения) либо предусмотренными в нормативно-технической документации методами и средствами. Скрытые – дефекты, которые можно обнаружить специальными методами контроля (капиллярные, магнитные, акустические, обнаружение подтекания жидкости или газа).

*Капиллярный* метод позволяет выявить открытые нарушения сплошности поверхности детали, изготовленной из различных материалов (ферромагнитных и неферромагнитных сталей, жаропрочных, титановых, алюминиевых, магниевых сплавов, изделий из стекла, керамики и металлокерамики). Он служит также для определения производственных дефектов (шлифовочных и термических трещин, волосовин, пор и др.). Широкое применение данного метода обуславливается возможностью применять его для контроля поверхности изделий любой формы.

*Капиллярные* методы дефектоскопии основаны на способности жидкости втягиваться в мельчайшие сквозные и несквозные каналы (капилляры).

Капиллярные методы делятся на цветной и люминесцентный.

При *цветном* методе в жидкость, заполняющей трещину, добавляется краситель, видимый при дневном свете.

При *люминесцентном* в жидкость добавляются вещества (люминофоры), способные светиться под воздействием ультрафиолетовых лучей.

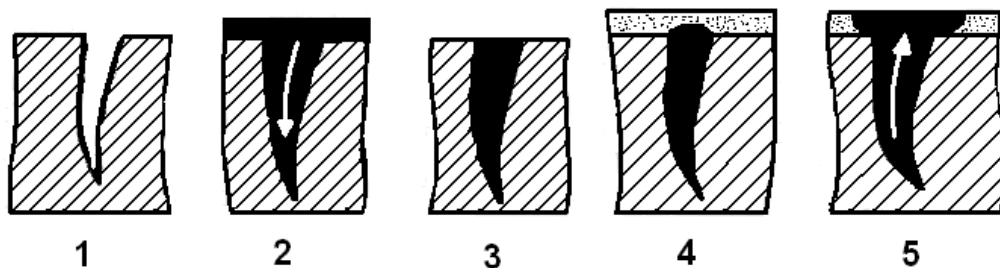
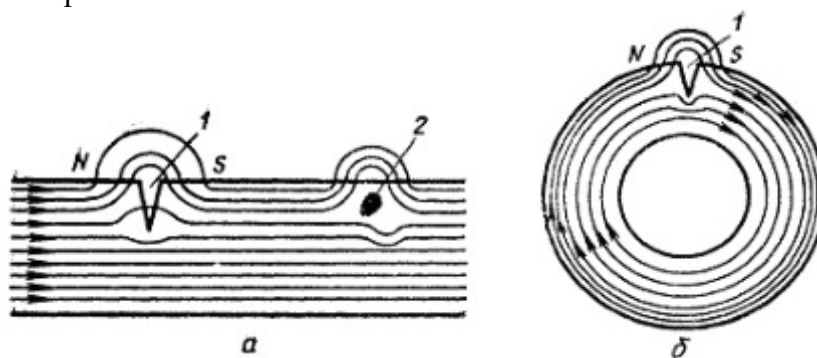


Схема капиллярной дефектоскопии: 1 – подготовка трещины к дефектоскопии; 2 – выдержка в жидкости (заполнение трещины); 3 – удаление жидкости с поверхности изделия; 4 – нанесение сорбента (мел, окись магния) на поверхность; 5 – смачивание сорбента жидкостью, выделившейся из трещины.

Используются капиллярные дефектоскопы марок КД-20Л, КД-33, КД-40ЦЛ и т.д.

*Магнитный* метод применяют для обнаружения дефектов в деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов. Метод основан на явлении возникновения в месте расположения дефекта магнитного поля рассеивания.



Для намагничивания деталей может быть использован как переменный, так и постоянный ток. Магнитную суспензию приготавливают, используя керосин, трансформаторное масло. После контроля все детали, кроме бракованных, размагничивают.

Применяются магнитные дефектоскопы МД-5, ПМД-70 и т.д.

Ультразвуковой метод — разновидность акустических методов контроля дефектов. Метод основан на свойстве ультразвуковых колебаний (волн) прямолинейно распространяться в однородном твердом теле и отражаться от границ раздела сред с различными акустическими сопротивлениями, в том числе нарушенной сплошности материала (трещин, раковин, расслоений и др.).

В практике чаще всего применяют теневого и импульсный эхо-методы дефектоскопии.

*Теневой метод* основан на сквозном прозвучивании. Недостаток этого метода заключается в необходимости доступа к изделию с двух сторон, что не всегда возможно, а также в необходимости синхронного перемещения пьезоизлучателя и пьезоприемника по поверхности детали.

*Импульсный эхо-метод* в отличие от теневого основан на посылке в деталь излучения в виде коротких импульсов, импульсы колебаний подаются и воспринимаются одной пьезоголовкой. Отражаясь от дефекта или границ раздела сред, они воспринимаются пьезоэлементом в периоды пауз.

Способ обнаружения дефектов *подтеканием жидкости или газа* необходим для проверки герметичности пустотелых деталей: блоков цилиндров, головок блоков цилиндров, баков, водяных и масляных радиаторов, камер шин, трубопроводов, шлангов, поплавков карбюраторов и др. Его также широко применяют для контроля качества сварных швов и герметичности соединений (клапан – седло клапана, прецизионные детали топливной аппаратуры и т.д.).

Для дефектоскопии деталей, поступающих в ремонт, применяют способы керосиновой пробы, гидравлический и пневматический.

При *гидравлическом* методе внутреннюю полость изделия заполняют рабочей жидкостью (водой), герметизируют, создают насосом избыточное давление и выдерживают деталь некоторое время. Наличие дефекта устанавливают визуально по появлению капель воды или отпотеванию наружной поверхности.

*Пневматический* способ нахождения сквозных дефектов более чувствителен, чем гидравлический, так как воздух легче проходит через дефект, чем жидкость.

Во внутреннюю полость деталей закачивают сжатый воздух, а наружную поверхность покрывают мыльным раствором или погружают деталь в воду. О наличии дефекта судят по выделению пузырьков воздуха. Давление воздуха, закачиваемого во внутренние полости, зависит от конструктивных особенностей деталей и обычно равно 0,05...0,1 МПа.

При методе *керосиновой пробы* используют керосин, как жидкость, обладающую хорошей проникающей способностью. На одну из поверхностей наносят керосин, а на противоположную адсорбирующее покрытие (мел). Наличие сквозной трещины определяют по желтым пятнам керосина на меловой обматке.

## ЛЕКЦИЯ №6

### ТЕМА: Восстановление посадок сопряжений

Вопросы:

1. Методы восстановления посадок соединений деталей.

#### 1. Методы восстановления посадок соединений деталей.

Изнашивание поверхностей и старение материала деталей приводит к нарушению исходной посадки, что проявляется в увеличении зазора в соединениях с ним, или уменьшению натяга в соединениях с натягом. Исходную посадку можно восстанавливать следующими способами:

1. регулировкой зазора и перестановкой детали в другое положение.
2. постановкой дополнительных деталей.
3. метод ремонтных размеров.

1. В конструкциях некоторых соединений возможна регулировка посадок, например регулировка зазоров у конических роликовых подшипников за счет изменения толщины комплекта прокладок.

Существуют устройства для автоматического регулирования зазора — автоматическое поддержание за счет пружины контакта деталей, например щеток и коллектора электрической машины или автоматическое регулирование силы натяжения клиновидных ремней.

Перестановка деталей в другое положение (позицию).

Этот метод основан на использовании симметричного расположения одинаковых по всем параметрам поверхностей, причем одна из поверхностей оказывается нагруженной.

2. Метод постановки дополнительной ремонтной детали (ДРД)— разновидность метода ремонтных размеров. Его применяют при постановке полуколец под вкладыши коренных опор коленчатого вала двигателей; запрессовке сухих гильз или втулок в гильзы, исчерпавшие ресурс последнего стандартного ремонтного размера; установке всевозможных дополнительных колец, накладок и т. п.

3. Метод ремонтных размеров - основан на комплектовании соединений из деталей, отличающихся размерами соединяемых поверхностей от первоначальных, но обеспечивающих начальный зазор (натяг), равный зазору (натягу) нового соединения. Эти размеры, отличающиеся от первоначальных, называют ремонтными.

## ЛЕКЦИЯ №7

### ТЕМА: Комплектация деталей

Вопросы:

1. Комплектация деталей.

## 2. Балансировка деталей и сборочных единиц.

### 1. Комплектация деталей.

В целях обеспечения бесперебойной сборки машин и агрегатов каждое рабочее место должно быть укомплектовано всей номенклатурой деталей и сборочных единиц, которые устанавливаются на машину.

Комплектование должно осуществляться в специальном отделении, оборудованном стеллажами, подставками, комплектовочными столами, передвижными тележками, контейнерами и универсальным измерительным инструментом.

Детали на комплектацию поступают с трех направлений: годные без ремонта, восстановленные и новые. При комплектовании необходимо подобрать из этих потоков детали друг к другу так, чтобы при этом обеспечивалась необходимая точность посадки.

Применяют следующие методы комплектования деталей: метод индивидуальной подгонки (штучный метод), групповой метод (метод селективной сборки).

*Метод индивидуальной подгонки* - каждую деталь обрабатывают индивидуально под размер сопрягаемой с ней детали до достижения требуемого зазора или натяга.

*При групповом методе* детали предварительно сортируют, маркируют и комплектуют по размерным группам, а при сборке соединений используют детали одной размерной группы. Этот метод преимущественно применяется для подбора деталей на крупных ремонтных предприятиях.

### 2. Балансировка деталей и сборочных единиц.

В процессе эксплуатации машин происходит нарушение уравновешенности вращающихся сборочных единиц и деталей. К неуравновешенности приводят также: неточность изготовления деталей, неравномерное изнашивание поверхностей, неравномерное распределение толщины наращенного слоя на поверхности изношенной детали, неточность обработки деталей при их восстановлении, некачественная сборка и т. д.

При неуравновешенности возникают переменные нагрузки на опоры вращающихся деталей, возникающие вибрации приводят к ускоренному изнашиванию сопряжений и способствуют быстрой утомляемости водителей.

Неуравновешенность вращающихся деталей машин и оборудования устраняют их балансировкой. Различают два вида балансировки: статическую и динамическую.

При *статической балансировке* деталь монтируют на цилиндрическую оправку и устанавливают на горизонтальные призмы или ролики. Под действием избыточной массы деталь самопроизвольно повернется так, чтобы масса заняла крайнее нижнее положение. Удаляют часть металла с утяжеленной части детали (сверлением, фрезерованием, опиловкой) или прикрепляют груз на облегченную часть детали. После правильной балансировки деталь должна оставаться в неподвижном состоянии при ее повороте на любой угол.

Статической балансировке в основном подвергают детали, у которых диаметр превышает длину (толщину) - лопасти вентиляторов, маховики, шкивы, диски и т.д.

После статической уравновешенности вала массами  $m=m_1$ , на вал при вращении начинают действовать противоположно направленные центробежные силы  $F_1=F_2$ , создающие момент  $M=F_1 \cdot L$ . Данный момент создает дополнительную нагрузку на опоры вала (подшипники). Для динамического уравновешивания необходимо прикрепить к детали две равные массы  $m_2$  на расстоянии  $l$ , так, чтобы  $F_1 \cdot L = P \cdot l$ .

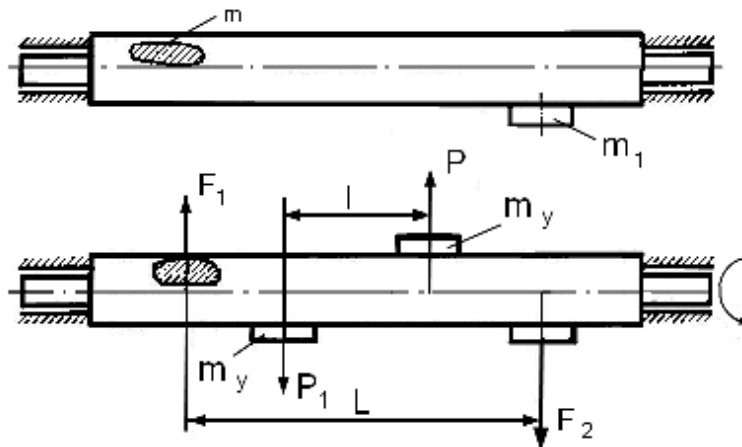


Схема динамической балансировки

Динамическую балансировку применяют для деталей имеющих большую длину относительно диаметра (коленчатые валы двигателей, роторы турбокомпрессоров, карданные валы, молотильные барабаны и т.д.). Выполняется на специальных балансировочных стендах.

## ЛЕКЦИЯ №8

### ТЕМА: Сборка, обкатка и испытание объектов ремонта

Вопросы:

1. Общие правила сборки.
2. Обкатка и испытание агрегатов и машин после ремонта.

#### 1. Общие правила сборки.

При сборке машин и агрегатов используют универсальный монтажный инструмент, съемники и специальные приспособления.

В машинах находится примерно 35...40% типа вал-втулка; 15...20% плоскостных; 15...25% резьбовых; 6...7% конических; 2...3% сферических и др. Все соединения обладают различными конструктивными, технологическими и экономическими факторами.

##### Особенности сборки соединений с подшипниками:

При установке подшипников на длинные валы следует контролировать соосность отверстий, в которые запрессовывают подшипники; не допускать перекосов и правильно центрировать подшипники. При сборке подшипников скольжения необходимо выдерживать рекомендуемую величину масляного зазора, для обеспечения оптимальных условий смазки, и как следствие долговечности сопряжения.

##### Особенности сборки зубчатых соединений:

Правильность зацепления зубчатых колес проверяют, измеряя боковой зазор между ними и определяя пятно контакта. Боковой зазор измеряют щупом, свинцовой проволокой, индикаторным приспособлением. Пятно контакта определяют с помощью краски.

##### Особенности сборки шлицевых соединений:

При нарушении центрирования шлицевого соединения, основная нагрузка приходится на один или несколько шлицев, что приводит к быстрому изнашиванию соединения.

##### Особенности сборки резьбовых соединений:

При большом числе болтов затяжку следует начинать постепенно, от центра к периферии. Затяжку выполняют в три приема: затяжка до соприкосновения с сопрягаемыми поверхностями, предварительная затяжка, и окончательная с применением динамометрических ключей. Для предотвращения произвольного ослабления резьбовых соединений, используют различные стопорные устройства: контргайки, стопорные винты, пружинные шайбы, шплинты, проволоку, деформируемые и фигурные шайбы, клей и т.д.

#### 2. Обкатка и испытание агрегатов и машин после ремонта.

Обкатка и испытание — завершающие операции в технологическом процессе ремонта машин, определяющие эффективность их работы при последующей эксплуатации.

При этом решаются следующие задачи:

- подготовка сборочных единиц к восприятию эксплуатационных нагрузок;
- выявление возможных дефектов, связанных с качеством восстановления деталей и сборочных работ;
- проверка основных характеристик в соответствии с требованиями нормативной документации.

Цель обкатки — приработка трущихся поверхностей, сопровождающаяся образованием оптимальной микрогеометрии поверхностей сопрягаемых деталей. В процессе приработки происходит уменьшение силы трения, температуры, и интенсивности изнашивания.

Обкатка и испытание двигателей осуществляется на обкаточно-тормозных стендах марки КИ-5541, КИ-5542, КИ-5543 и др.

После ремонта стендовую обкатку проводят в три стадии: холодная, горячая без нагрузки и горячая под нагрузкой.

Холодная обкатка проводится путем вращения коленчатого вала двигателя сначала с выключенной, а затем с включенной компрессией.

Горячая обкатка без нагрузки (на холостом ходу) проводится путем пуска двигателя и постепенным повышением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Горячую обкатку под нагрузкой проводят методом торможения работающего двигателя тормозным устройством стенда.

Для уменьшения времени обкатки применяют ускоренную обкатку, которую выполняют с помощью приработочных присадок. Присадки добавляют либо в смазочное масло, либо в воздух и топливо. При этом время приработки сокращается в 2-3 раза.

Испытание – комплексная проверка качества ремонта и установление обратной связи с его технологическим процессом.

Различают следующие виды испытаний: стендовые, полигонные и эксплуатационные.

## ЛЕКЦИЯ №9

### ТЕМА: Окраска машин

Вопросы:

1. Общие сведения о лакокрасочных материалах и покрытиях.
2. Технологический процесс окраски машин.
3. Окрасочное оборудование и инструмент.
4. Особенности окраски поврежденного лакокрасочного покрытия.
5. Контроль качества нанесенного лакокрасочного покрытия.

#### 1. Общие сведения о лакокрасочных материалах и покрытиях.

Окраска лакокрасочными материалами (ЛКМ) необходима для защиты металлических поверхностей от коррозии, а также для улучшения внешнего вида и придания конкурентоспособности машинам.

Лакокрасочные материалы — это многокомпонентные системы, в состав которых обязательно входят пленкообразующие вещества, растворители, пигменты, а также могут входить пластификаторы, наполнители, разбавители, катализаторы.

Пленкообразующие вещества при высыхании способствуют склеиванию компонентов смеси и сцеплению с поверхностью изделия. Различают жидкие и твердые пленкообразующие вещества. К ним относят: олифы, природные и синтетические смолы (канифоль, битум, шеллак, янтарь) и т.д.

Растворители — жидкости, применяемые для разведения лакокрасочных материалов до состояния, пригодного для нанесения на поверхность изделия. К ним относятся уайт-спирит, бензол, толуол, ацетон, спирт, бензин и т.д.

Пигменты — это тонкоизмельченные цветные неорганические вещества, нерастворимые

в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и способные создавать с пленкообразующими веществами лакокрасочные покрытия.

Например: пигменты и олифа образуют масляную краску, пигмент и лак – эмалевую краску (эмаль). Пигменты вводят в лакокрасочные материалы для придания им определенного цвета, а также повышения прочности и адгезии лакокрасочного покрытия.

Наполнители — порошкообразные нерастворимые неорганические вещества (мел), добавляемые в лакокрасочные материалы для увеличения прочности и удешевления стоимости покрытий.

Пластификаторы — вещества, вводимые в лакокрасочные материалы для повышения эластичности покрытий.

Катализаторы — вещества, ускоряющие процесс высыхания лакокрасочного покрытия, представляют собой растворы солей тяжелых металлов (марганец, свинец, кобальт).

Разбавители — вещества, применяемые для разжижения лакокрасочных материалов, загустевших в период хранения, а также для их доведения до необходимой вязкости.

К основным видам готовых лакокрасочных материалов согласно ГОСТу 9825 относят: лак, краску, порошковую краску, эмаль, грунтовку, шпатлевку.

Лак — раствор пленкообразующих веществ в органических растворителях или в воде, образующий после высыхания твердую прозрачную однородную пленку.

Краска — суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в олифе, масле, эмульсии, латексе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку.

Порошковая краска — сухая композиция пленкообразующего вещества с пигментами и наполнителями, образующая после сплавления, охлаждения и отверждения твердую непрозрачную пленку.

Эмаль — суспензия пигментов с наполнителями в лаке, образующая после высыхания непрозрачную твердую пленку с различным блеском и фактурой поверхности.

Грунтовка — суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в связующем веществе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку с хорошей адгезией к поверхности изделия и верхним слоям лакокрасочного покрытия.

Шпатлевка — густая, вязкая масса, состоящая из смеси пигментов с наполнителями в связующем веществе, предназначенная для заполнения неровностей и сглаживания окрашиваемой поверхности.

В зависимости от входящих в состав пленкообразователей ЛКМ подразделяют на группы: пенфталевые, меламиновые, фенольные, полиуретановые, битумные, эпоксидные и др.

По назначению основные лакокрасочные материалы делят на: атмосферостойкие — 1, ограниченно атмосферостойкие (используют только внутри помещения) — 2, консервационные — 3, водостойкие — 4, специальные (обладающие специфическими свойствами) — 5, маслобензостойкие — 6, химически стойкие — 7, термостойкие — 8, электроизоляционные — 9, грунтовки — О, шпатлевки — 00.

## **2. Технологический процесс окраски машин.**

Технологический процесс нанесения ЛКМ состоит из: 1. приготовления лакокрасочных материалов, 2. подготовки поверхности к окраске, 3. нанесения лакокрасочного материала, 4. сушки окрашенной поверхности, выполняемой на всех стадиях процесса нанесения покрытия, 5. контроля качества покрытия.

1. Приготавливают лакокрасочные материалы перед нанесением их на окрашиваемые поверхности, перемешивая и разбавляя соответствующими растворителями до необходимой вязкости.

Цвет эмали классифицируют по трем признакам: цветовому тону, яркости и насыщенности.

2. Подготовка поверхности к окраске включает удаление различного рода жировых загрязнений, влаги, коррозии и старой краски. При этом производится очистка поверхности, обезжиривание и сушка.

Различают механический и химический способы подготовки поверхности.

К механическим способам очистки относят пескоструйную, дробеструйную очистку и обработку механизированным инструментом. Обработку поверхностей в песко- и дробеструйных установках выполняют сухим абразивным материалом. Гидроабразивную обработку поверхностей деталей выполняют струей суспензии, состоящей из воды и кварцевого песка. Обработку механизированным инструментом осуществляют пневматическими или электрическими машинками, оборудованными в качестве рабочих органов шлифовальным кругом или металлической щеткой.

Химическим способом удаляют загрязнения и оксиды. При средних и слабых загрязнениях применяют щелочные растворы, а при сильных загрязнениях органические растворители (бензин, уайт-спирит).

3. Нанесение лакокрасочных материалов на детали выполняют в следующей последовательности: грунтование, шпатлевание, шлифование, окраска.

Грунтование — нанесение первого слоя лакокрасочного покрытия на очищенную и обезжиренную поверхность металла. Грунт является основой покрытия, поэтому должен обладать наилучшей сцепляемостью с металлом и с последующим слоем краски. Грунтовку наносят на поверхность детали пневматическим распылением или электроосаждением.

В настоящее время в качестве первого слоя для грунтования большое распространение получили преобразователи ржавчины. Преобразователи, попадая на ржавую поверхность, вступают в химическое взаимодействие с соединениями железа, переводя их в химические вещества, нерастворимые в воде.

Шпатлевание предназначено для выравнивания поверхности. Не рекомендуется наносить слой толщиной более 0,5 мм в связи с снижением механической прочности покрытия.

Шлифование выполняют для сглаживания неровностей на зашпатлеванной поверхности детали. Шлифование бывает сухое и мокрое. В качестве шлифующего материала применяют водостойкую шкурку с тонким абразивом. Шлифование проводят с помощью шлифовальных машинок. После шлифования обрабатываемую поверхность промывают водой и просушивают, обдувая сжатым воздухом.

Окраска деталей, сборочных единиц и машин выполняется с помощью кистей и накатных валиков, а также окунанием, струйным обливом, воздушным и безвоздушным распылением, распылением в электростатическом поле.

4. Сушка может быть естественной при температуре 18...23°C и искусственной при температуре 60... 175°C. Естественная сушка длится примерно 2...48 ч, и выполняют ее в отдельных хорошо отапливаемых и вентилируемых помещениях. Сушку считают законченной, если при прикосновении к окрашенной поверхности в течение 5...6 с на ней не остается следов.

Искусственная сушка позволяет производить окрасочные работы непрерывно в потоке и значительно сокращает время, затрачиваемое на весь процесс.

При окраске используют конвекционный и терморadiационный способы сушки.

Конвекционный способ сушки — нагревание окрашенных поверхностей деталей осуществляется горячим циркулирующим воздухом. Недостаток способа - при высокой температуре в первую очередь высыхает и отвердевает наружный слой краски, получившаяся твердая поверхностная пленка, препятствует высыханию нижних слоев и испарению из эмали растворителей. Пары растворителя, испаряющегося из нижних слоев краски, приводят к разрушению покрытия и образованию пор.

Терморadiационный способ сушки основан на поглощении инфракрасных лучей окрашенной поверхностью детали. Металлическая поверхность нагревается в результате перехода лучистой энергии в тепловую. Недостатки способа – повышенный расход электроэнергии; при сушке изделий сложной формы близлежащие участки могут пересыхать, а более удаленные не досыхать.

### **3. Окрасочное оборудование и инструмент.**

Лакокрасочные материалы наносят специальным оборудованием, конструкция которого



зависит от метода распыления материала.

Для воздушного распыления материалов применяют ручные краскораспылители различных марок: КРУ-1, С-512, КРМ и др. При окрашивании в ручном режиме они обеспечивают производительность 100...200 м<sup>2</sup>/ч.

Качество получаемого покрытия при этом зависит от правильного и равномерного перемещения краскораспылителей с определенной скоростью вдоль обрабатываемой поверхности. Линия перемещения краскораспылителя должна быть на расстоянии 25...30 см и параллельна поверхности.

Для безвоздушного распыления промышленность выпускает установки «Факел-3», «Вер-1», АБР-1М, «Радуга-063», «Радуга-2», 2600Н, 7000Н, ОР-14264, «Ингул ОР-5500». Установки безвоздушного распыления работают по следующему принципу:

Лакокрасочный материал, предварительно тщательно отфильтрованный, засасывается насосом через фильтр, нагнетается под высоким давлением по шлангу в краскораспылитель и наносится на изделие под давлением.

Также окраска осуществляется электростатическим методом, когда краскораспылитель соединяется с отрицательной клеммой, а окрашиваемое изделие с положительной источника высокого напряжения. Частицы краски в электрическом поле приобретают отрицательный заряд, движутся и осаждаются на окрашиваемой поверхности изделия.

Основным оборудованием являются электростатический пистолет и стационарная камера.

Срок службы лакокрасочного покрытия во многом зависит не только от качества подготовки поверхности изделия к покраске, но и от соблюдения технологии нанесения ЛКМ и процесса сушки. Достичь высокого качества покраски, особенно легковых автомобилей, можно только при использовании окрасочно-сушильных камер, которые фильтруют проточный воздух и удаляют пыль и частицы аэрозолей при окраске, а также обеспечивают равномерность нагрева поверхностей детали при сушке.

Современная окрасочно-сушильная камера — сложнейший агрегат, камеры которого выполняют в виде сборочных модульных конструкций. Конструкцией предусмотрены два режима работы — «окраска» и «сушка», причем во избежание засасывания внешнего воздуха внутри камеры поддерживают давление чуть больше атмосферного.

#### **4. Особенности окраски поврежденного лакокрасочного покрытия.**

Как показывает практика, большая часть обращений на предприятия технического сервиса связана с незначительными повреждениями лакокрасочного покрытия. Небольшие вмятины, царапины, сколы портят внешний вид автомобиля и открывают путь коррозии кузова. Современные системы лакокрасочных материалов позволяют отремонтировать поврежденный участок кузова автомобиля, не прибегая при этом к перекраске всей детали целиком.

Отслоившуюся краску и шпатлевку на месте повреждения покрытия удаляют до основного металла механическим или химическим путем. Поверхность тщательно обезжиривают, удаляют воски, масла и другие загрязнения. При этом обрабатывают только повреждение и небольшую область вокруг.

Матирование (шлифовку) покрытия на всей детали не проводят. Все это позволяет максимально сохранить неповрежденное фирменное (заводское) лакокрасочное покрытие.

Определяют код фирменного цвета ЛКМ. Для этого используют специальный каталог, содержащий цветовые образцы декоративных покрытий автомобилей или электронную базу, в которой содержится вся информация, необходимая для приготовления эмали требуемого оттенка в нужных количествах. Требуемые компоненты взвешивают на электронных весах.

Приготовление ЛКМ осуществляют на специальном краскосмесительном стенде. Полученным лакокрасочным материалом делают пробную окраску. При разнице в цвете, проводят повторную колеровку.

Перед окраской поверхность вокруг места с нарушенным лакокрасочным покрытием маскируют во избежание попадания ЛКМ на неповрежденные части автомобиля. Нанесение

подобранного лакокрасочного материала в область ремонта осуществляют с помощью специального приспособления — аэрографа.

Лакокрасочный материал наносят на ремонтную область, немного превышающую область окраски. Каждый слой нанесенного лакокрасочного материала сушат феном или инфракрасной лампой. После окончания сушки ремонтное лакокрасочное покрытие полируют неабразивной полиролью особого состава. Цель полировки — получить на ремонтном лакокрасочном покрытии текстуру, аналогичную имеющейся на заводском покрытии. Полировка, как правило, занимает 10...20 мин. В результате отремонтированное лакокрасочное покрытие не отличается от фирменного по цвету, блеску, текстуре.

### **5. Контроль качества нанесенного лакокрасочного покрытия.**

Качество лакокрасочных покрытий контролируют по цвету, чистоте, гляncу, твердости пленки, прочности при ударе и изгибе, толщине пленки, стойкости ее к воздействию различных веществ (вода, масло, растворители, соли, кислоты, щелочи), адгезии, толщине нанесенного слоя пленки и т.д.

Лакокрасочное покрытие сравнивают с эталоном или описанием, приведенным в нормативно-технической документации.

Контроль толщины осуществляется с помощью магнитного толщиномера.

Адгезию контролируют методом решетчатого надреза.

Стойкость к воздействию различных веществ определяют опусканием в соответствующие жидкости, выдерживанием, а затем осматриванием на наличие разрушений.

Испытание покрытий на изгиб заключается в определении минимального диаметра стального стержня, при изгибании на котором окрашенной металлической пластинки лакокрасочное покрытие не разрушается.

Твердость лакокрасочного покрытия определяют методом царапания или оставления следа на испытываемом покрытии графитовыми стержнями различной твердости.

Термостойкость, или теплостойкость, — способность покрытия выдерживать действие высоких температур.

Морозостойкость — способность лакокрасочного покрытия сохранять внешний вид и физико-механические свойства при низких температурах.

## **Раздел 2. Технологические процессы восстановления деталей машин**

### **Лекция №10**

#### **Тема: Анализ способов восстановления деталей машин**

#### **1. Классификация способов восстановлений деталей**

Добиться снижения себестоимости ремонта машин можно путем сокращения затрат на запасные части. Для этого восстанавливают и повторно используют изношенные детали.

Для первой группы способов износы поверхностей устраняют слесарной или механической обработкой с изменением их первоначальных размеров. Для получения необходимой посадки применяют соединяемые детали с измененными параметрами или ставят компенсатор износа (кольца, бандажи, втулки, резьбовые спиральные вставки и т. д.). Иногда поверхность детали обрабатывают до придания ей правильной геометрической формы (нажимные диски, плоскости головок цилиндров и др.).

#### **Классификация способов восстановления:**

##### **I. Слесарно-механические (ремонт):**

1. РР – ремонтные размеры
2. ДРД – дополнительная ремонтная деталь;
3. НРР – новая рабочая позиция;
4. Обработка до выведения следов износа и придания правильной геометрической

формы;

5. Перекомплектовка.

## II. Способы наращивания (восстановление):

1. Пластическое деформирование (ПД):

- 1) Объемное ПД;                      а) в холодном состоянии;  
2) поверхностное ПД;                б) с нагревом.

2. Ручная сварка и наплавка:

- а) дуговая (80%);                    б) газовая.

3. Механизированная дуговая сварка и наплавка:

- а) под флюсом;                      в) в среде защитных газов;  
б) порошковой проволокой (ПП);    г) вибродуговая.

4. Механизированные бездуговые способы наплавки:

- а) электрошлаковая;                б) индукционная.

5. Приварка металлического слоя:

- а) ленты;                              б) проволоки;                      в) порошка.

6. Напыление металла (металлизация):

- а) электродуговая; б) газовая; в) плазменная; г) детонационная.

7. Гальванические покрытия:

- а) железнение;                      б) хромирование.

8. Нанесение полимерных материалов.

9. Химико-термическая и термическая обработка

- а) азотирование;                      б) диффузионная металлизация.

10. Другие способы: намораживание металла, заливка жидким металлом, пайкосварка

и др.

При пластическом деформировании размеры изношенных поверхностей восстанавливаются за счет перераспределения металла от нерабочих участков детали к рабочим. Объем детали остается постоянным. Основные достоинства этих способов: не требуется присадочный материал, простота, высокие производительность и качество.

Технология восстановления деталей полимерными материалами отличается простотой и доступностью (используют в полевых условиях), низкой себестоимостью, высокой производительностью и хорошим качеством.

Ручная сварка и наплавка получила широкое применение из-за простоты и доступности. В то же время она малопроизводительна, материалоемка, не всегда обеспечивает высокое качество.

Механизированные способы сварки и наплавки могут быть автоматическими и полуавтоматическими. Большинство этих способов обеспечивает высокие производительность и качество.

При дуговых способах источник теплоты для плавления присадочного материала и поверхности детали — теплота электрической дуги. При бездуговых способах таким источником служат потери от вихревых токов (ТВЧ), джоулева теплота (электрошлаковая наплавка, контактная приварка), теплота сгораемых газов и др.

Ручные и механизированные сварочно-наплавочные способы получили наибольшее применение (75...80 % общего объема восстановления). Их недостатки — термическое воздействие на основной металл, в том числе на невозстанавливаемые поверхности, деформация деталей, значительные припуски на механическую обработку.

При напылении расплавленный присадочный материал (проволока или порошок) с помощью сжатого воздуха распыляется и наносится на подготовленную поверхность детали. Способы напыления различают в зависимости от источника теплоты: дуговое — теплота электрической дуги, газопламенное — теплота газового пламени и т. д. Напыляют металлы, полимеры и др. При напылении металла процесс называют металлизацией.

В основе гальванических способов лежит явление электролиза. Их различают по виду

осаждаемого металла, роду используемого тока, способу осаждения и др. Гальванические способы высокопроизводительны, не оказывают термического воздействия на деталь, позволяют точно регулировать толщину покрытий и свести к минимуму или вовсе исключить механическую обработку, обеспечивают высокое качество покрытий при дешевых исходных материалах.

Термическую обработку применяют для упрочнения и восстановления физико-механических свойств деталей (упругости пружин и др.). При химико-термических способах происходит диффузное насыщение поверхности детали тугоплавкими металлами (хромом, титаном и др.) при некотором изменении размеров.

### **I. Слесарно-механические (ремонт):**

1. Метод ремонтных размеров (РР) - основан на комплектовании соединений из деталей, отличающихся размерами соединяемых поверхностей от первоначальных, но обеспечивающих начальный зазор (натяг), равный зазору (натягу) нового соединения. Эти размеры, отличающиеся от первоначальных, называют ремонтными.

2. Метод постановки дополнительной ремонтной детали (ДРД) применяют при постановке полуколец под вкладыши коренных опор коленчатого вала двигателей; запрессовке сухих гильз или втулок в гильзы, исчерпавшие ресурс последнего стандартного ремонтного размера; установке всевозможных дополнительных колец, накладок и т. п.

3. Перестановка деталей в другое положение (позицию).

Этот метод основан на использовании симметричного расположения одинаковых по всем параметрам поверхностей, причем одна из поверхностей оказывается нагруженной.

## **ЛЕКЦИЯ №11**

### **ТЕМА: Восстановление деталей пластическим деформированием**

Вопросы:

1. Сущность и виды пластического деформирования

#### **1. Сущность и виды пластического деформирования.**

Восстановление деталей способом пластического деформирования основано на свойстве металла детали изменять свою форму и размеры без разрушения в результате пластической деформации, развивающейся вследствие приложения внешней нагрузки. В процессе пластического деформирования происходит принудительное местное перераспределение металла самой детали, в результате чего на ее восстановление дополнительного металла не требуется. Деталь деформируют до получения на изношенных участках номинальных размеров с учетом припусков на механическую обработку.

Детали деформируют как в холодном, так и в нагретом состоянии. При нагреве повышается пластичность металла, снижается сопротивление деформированию, процесс которого не сопровождается его разрушением.

Деформирование деталей из углеродистых сталей рекомендуется проводить при температуре 1250...800°C, из легированных сталей — 1150...850°C и из бронзы — 850...700°C.

Стальные детали с твердостью не более HRC 25...30, а также детали из цветных сплавов могут подвергаться деформированию в холодном состоянии без предварительной термообработки.

В ремонтном производстве используют следующие разновидности деформирования: правку, осадку, вытяжку, раздачу, обжатие, вдавливание, раскатку, накатку, электромеханическую обработку, поверхностное пластическое деформирование и др.

Правку применяют при потере деталями своей первоначальной формы вследствие деформаций изгиба, скручивания и коробления. Правят коленчатые и распределительные валы, шатуны, балки мостов, детали рам статическим нагружением и наклепом.

Электромеханическая обработка (ЭМО) заключается в нагреве места деформации до температур 800<sup>0</sup>С-900<sup>0</sup>С за счет пропуска электрического тока.

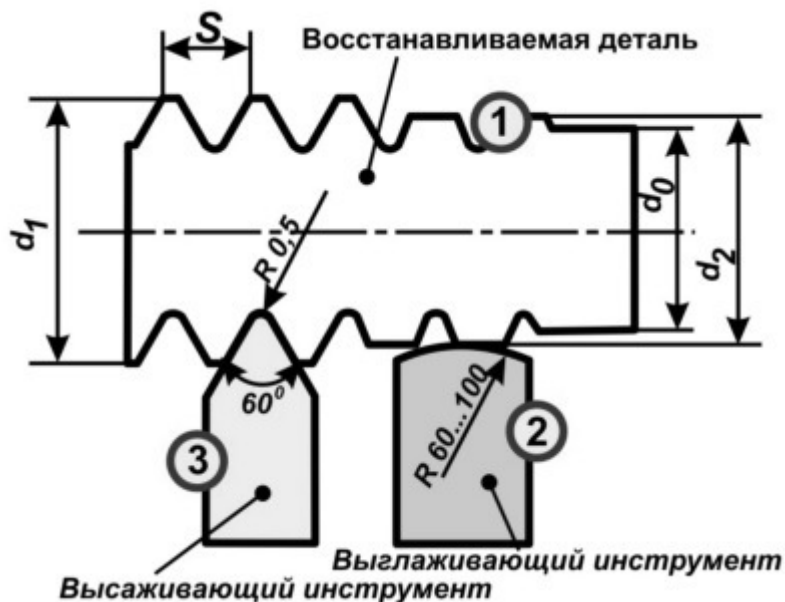
Деформирующим инструментом служат бронзовые ролики или пластины из твердого

сплава (Т15К6, ВК8).

Сила тока  $I=350...700\text{А}$ , напряжение  $U=1...6\text{В}$ , давление на инструмент при высадке  $900...1200\text{Н}$ , при сглаживании  $300...400\text{Н}$ .

При большом износе винтовые канавки на поверхности детали заполняются оксидными композициями для компенсации уменьшившейся площади контакта.

Различают восстановление деталей электромеханической обработкой без дополнительного материала (высадка и сглаживание) и с дополнительным материалом (с приваркой проволоки).



#### Схема электромеханической высадки и сглаживания

Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием применяется после их восстановления, так как часто снижаются усталостная прочность и износостойкость.

Сущность способа состоит в том, что под давлением деформирующего элемента микронеровности поверхности детали пластически деформируются (сминаются), заполняя впадины микропрофиля обрабатываемой поверхности.

При поверхностном пластическом деформировании повышается твердость поверхностного слоя, усталостная прочность деталей увеличивается на  $30...70\%$ , а износостойкость — в  $1,5...2$  раза.

Различают виды ППД: обкатка рабочих поверхностей деталей шариками и роликами, алмазное выглаживание, ультразвуковое упрочнение, дробеструйная обработка и чеканка.

Алмазное выглаживание заключается в поверхностном пластическом деформировании детали инструментом, рабочим элементом которого служат алмаз.

Дробеструйный наклеп заключается в пластическом деформировании поверхности детали потоком дроби, летящей со скоростью  $30...90\text{ м/с}$ . На поверхности создается наклепанный слой глубиной  $0,5...0,7\text{ мм}$ .

Различают пневматические (дробеструйная обработка) и механические (дробеметная обработка) установки.

Ультразвуковое упрочнение заключается в том, что специальный инструмент (гладилка) получает вибрацию с частотой не менее  $18\text{ кГц}$ , создает ударное воздействие на упрочняемую поверхность и, перемещаясь вдоль поверхности, подвергает ее пластическому деформированию.

## ЛЕКЦИЯ №12

### ТЕМА: Ручная сварка, пайка и наплавка

Вопросы:

1. Ручная дуговая сварка и наплавка.
2. Газовая сварка и наплавка.

3. Особенности сварки деталей из чугуна.
4. Особенности сварки деталей из алюминиевых сплавов.

### **1. Ручная дуговая сварка и наплавка.**

Сварка - технологический процесс получения неразъемных соединений твердых металлов посредством установления межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Наплавка — разновидность сварки, представляет собой процесс нанесения слоя металла на поверхность детали.

Под свариваемостью металлов понимают способность материалов образовывать сварное соединение, свойства которого близки к свойствам основного материала.

По свариваемости стали подразделяют на четыре группы:

- хорошая;
- удовлетворительная;
- ограниченная;
- плохая.

Для расплавления металла свариваемых детали и электрода используется сварочная дуга — устойчивый электрический разряд в ионизированной смеси газов и паров материалов.

При ручной сварке и наплавке дуга возбуждается прикосновением электрода к детали с последующим его отводом на расстояние 3...4 мм. При наплавке осуществляется перемещение электрода вдоль оси шва, и дополнительно его подачу, если электрод плавящийся.

Основные процессы, происходящие в зоне электродуговой наплавки и сварки: плавление металла, перенос электродного или присадочного металла, образование сварочной ванны с зоной термического влияния, кристаллизация сварочной ванны и фазовые изменения в зоне термического влияния.

Различают нижнее, вертикальное и горизонтальное на вертикальной плоскости и потолочное положения сварочного шва.

При дуговой сварке и наплавке применяют неплавящиеся и плавящиеся электроды, а также некоторые другие вспомогательные материалы (активные или неактивные флюсы, защитные газы и газовые смеси).

Электроды классифицируют по следующим признакам: материалу, из которого они изготовлены; назначению для сварки определенных сталей; толщине покрытия, нанесенного на стержень; видам покрытия и шлака, образующегося при расплавлении покрытия; техническим свойствам металла шва; допустимым пространственным положениям сварки или наплавки; роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока.

Электроды для сварки обозначают буквой Э с двухцифровым числом через дефис, число показывает прочность сварочного шва на растяжение.

Электроды для наплавки обозначают буквами ЭН и числом, которое указывает гарантированную твердость наплавленного материала.

Для сварки и наплавки деталей применяют электроды с покрытиями.

По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода к диаметру стержня  $D/d$  электроды изготавливают:

- с тонким покрытием ( $D/d < 1,20$ ) — М;
- со средним покрытием ( $1,20 < D/d < 1,45$ ) - С;
- с толстым покрытием ( $1,45 < D/d < 1,80$ ) – Д;
- с особо толстым покрытием ( $D/d > 1,80$ ) — Г.

Общее назначение электродных покрытий — обеспечение стабильности горения сварочной дуги и получение металла шва с заранее заданными свойствами.

Покрытия выполняют следующие функции:

- создание газовой защиты зоны сварки и расплавленного металла, путем сгорания газообразующих веществ (древесная мука, целлюлоза, крахмал, хлопчатобумажная ткань, пищевая

мука и т. д.);

- раскисление металла сварочной ванны элементами (марганец, титан, молибден, хром, кремний, алюминий, графит);

- шлаковая защита расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха путем образования шлакового покрова на поверхности расплавленного металла шва. Шлаковое покрытие (марганцевая руда, мел, кварцевый песок, доломит, полевой шпат и др.) уменьшает скорость охлаждения и затвердевания металла шва, способствуя выходу из него газовых и неметаллических включений;

- легирование металла шва для придания специальных свойств наплавленному металлу (твердости, упругости, износостойкости, жаростойкости и др.). Применяют легирующие компоненты: хром, никель, молибден, вольфрам, марганец, титан и др.

Для скрепления компонентов между собой и закрепления покрытия на стержне электрода используют связующие вещества: жидкое стекло, желатин, пластмассы и др.

В зависимости от вида свариваемых материалов электроды делят на группы для сварки:

У — углеродистых сталей;

Л — легированных конструкционных сталей;

Т — легированных теплоустойчивых сталей;

В — высоколегированных сталей с особыми свойствами;

Н — для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

По допустимым пространственным положениям свариваемого шва электроды обозначают:

1 — для всех положений;

2 — для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;

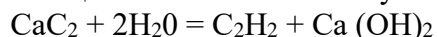
3 — для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх;

4 — для нижнего.

## 2. Газовая сварка и наплавка.

Сущность процесса заключается в том, что расплавление свариваемого и присадочного металла происходит пламенем, которое получается при сгорании горючего газа в смеси с кислородом.

В качестве горючего газа обычно применяют ацетилен — соединение углерода с водородом. Температура пламени при сгорании ацетилена в смеси с кислородом до 3200°C. Получают ацетилен из карбида кальция путем смешивания с водой. В результате реакции получают газообразный ацетилен  $C_2H_2$  и гашеную известь  $Ca(OH)_2$ :



Ацетилен получают с помощью ацетиленовых генераторов.

Сварку и наплавку осуществляют сварочными горелками, которые предназначены для смешивания горючего газа с кислородом и получения сварочного пламени.

Горелки классифицируют: по способу подачи горючего газа и кислорода — инжекторные или безынжекторные; по роду применяемого газа; по назначению — универсальные и специализированные; по числу факелов пламени — однопламенные и многопламенные; по мощности — малой мощности, средней мощности и большой мощности.

Наиболее распространены горелки типов «Москва» и ГС-3, предназначенные для сварки металла толщиной 0,5...30 мм. Для сварки металла толщиной 0,2...4 мм применяют сварочные горелки малой мощности типов ГС-2, «Малютка» и «Звездочка». Горелки снабжают комплектом сменных наконечников.

## 3. Особенности сварки деталей из чугуна

Чугун представляет собой сплав железа с углеродом (содержание углерода более 2 %) и относится к группе плохо сваривающихся металлов.

Чугун сваривается плохо вследствие его повышенной склонности к образованию трещин

из-за низкой прочности и пластичности металла. Также отсутствует переходное пластическое состояние при нагреве до температуры плавления, из твердого состояния чугун сразу переходит в жидкое. При повышенных скоростях охлаждения могут образоваться отбеленные участки карбида железа, трудно поддающиеся механической обработке.

Чугун можно сваривать дуговой сваркой металлическим или угольным электродами, газовой сваркой, термитной сваркой и заливкой жидким чугуном.

Различают три способа сварки чугуна: холодную, полугорячую и горячую. Холодную сварку выполняют без подогрева свариваемых деталей, полугорячую — при полном или местном подогреве до температуры 300...400°C, горячую — при полном нагреве до температуры 600...800°C.

Холодная сварка. Этот способ сварки имеет несколько разновидностей: стальными электродами, стальными электродами со специальными покрытиями, стальными электродами с помощью шпилек, газовая (ацетилено-кислородным пламенем).

Сварку стальными электродами применяют при ремонте ответственных чугунных изделий небольших размеров с малым объемом наплавки, не требующих после сварки механической обработки. Сварное соединение неоднородно по структуре, часто не обладает достаточной плотностью и имеет низкую прочность.

Полугорячая сварка. Подогрев свариваемой детали до 300...400°C способствует более замедленному охлаждению металла шва и прилегающих к нему зон после сварки. Замедленное охлаждение в значительной степени предотвращает получение отбеленных зон, что позволяет производить механическую обработку сварных соединений. Детали перед сваркой нагревают в термических печах, горнах или с помощью газовых горелок ацетилено-кислородным пламенем. При подогреве газовой горелкой необходимо следить за равномерностью нагрева подогреваемой поверхности.

Полугорячую сварку чугуна можно осуществлять низкоуглеродистыми стальными электродами с защитно-легирующими покрытиями типа ОММ-5, МР-3, К-5 и УОНИ-13; стальными электродами со специальным покрытием; чугунными электродами и ацетилено-кислородным пламенем с применением чугунных присадочных прутков.

Горячая сварка. Мелкие детали предварительно подогревают до 600...700 °С, крупногабаритные (толщина стенок более 30 мм) — до 700...800°C.

Горячая сварка состоит из следующих последовательных операций: механической обработки под сварку, формовки свариваемых деталей, нагрева, сварки и охлаждения сваренных деталей.

Механическая обработка заключается в вырубке дефектных участков и зачистке их от масла, грязи, шлака и формовочной земли.

Для горячей сварки применяют чугунные электроды со стержнями марок А и Б. Наиболее распространенными электродными покрытиями для горячей сварки являются ОМЧ-1 и УЗТМ-74.

Газовая сварка является весьма распространенным способом ремонта чугунных деталей. При сварке в качестве присадочного металла применяют стальную сварочную проволоку Св-08 и Св-08А или стержни из чугуна марки А.

#### **4. Особенности сварки деталей из алюминиевых сплавов**

Основные затруднения при сварке алюминия и его сплавов:

- на поверхности расплавленного металла постоянно образуется тугоплавкая пленка оксида алюминия  $Al_2O_3$ , препятствующая сплавлению между собой частиц металла;
- высокая температура плавления оксида алюминия (2050 °С) и низкая температура плавления алюминия (658 °С) затрудняют управление процессом сварки;
- при нагреве до 4000С алюминий сильно теряет прочность и может разрушиться под действием собственной массы;
- металл не имеет пластического состояния и при нагреве сразу переходит из твердого состояния в жидкое.



Алюминий и его сплавы сваривают с помощью электродуговой, аргонодуговой и газовой сварки.

Для деталей из алюминия и его сплавов рекомендуют следующие способы сварки:

- неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона (аргонодуговая сварка), в качестве присадочного материала используют сплавы алюминия, электроды диаметром 1...5 мм, сила сварочного тока 45...280 А напряжение 22...24 В. Расход аргона в пределах 4...12 л/мин.;

ацетилено-кислородным нейтральным пламенем (газовая сварка) с использованием флюса АФ-4А.

## ЛЕКЦИЯ №13

### ТЕМА: Механизированная сварка и наплавка

Вопросы:

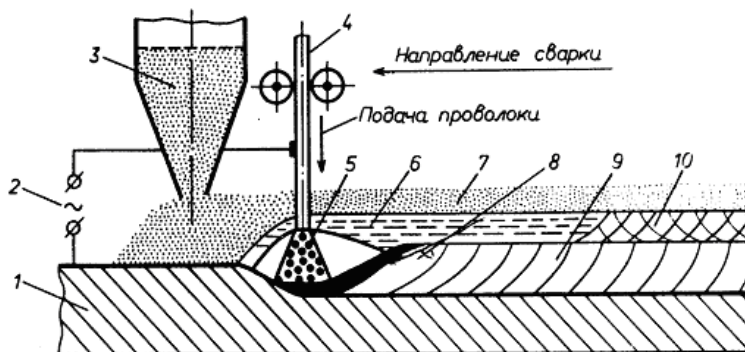
1. Сварка и наплавка под слоем флюса.
2. Сварка и наплавка в среде защитных газов.
3. Вибродуговая наплавка.

#### 1. Сварка и наплавка под слоем флюса.

Сущность способа состоит в том, что в зону горения дуги автоматически подается флюс с размерами зерен 0,5...3,5 мм и электродная проволока или лента.

Под воздействием теплоты, выделяемой сварочной дугой, одновременно расплавляются электродная проволока, поверхность детали и флюс.

Флюс вследствие меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва, покрывает его плотным слоем и тем самым изолирует жидкий металл от кислорода и азота воздуха и способствует сохранению теплоты дуги.



Наплавка плоских деталей под слоем флюса

По мере удаления сварочной дуги после затвердевания металла образуется наплавленный валик, покрытый шлаковой коркой и нерасплавившимся флюсом. Остывшую шлаковую корку удаляют. Неизрасходованную часть флюса собирают и используют в дальнейшем для наплавки.

Производят наплавку как плоских так и наплавку цилиндрических поверхностей.

Флюсы по составу и способу приготовления делят на плавные, керамические и флюсы-смеси.

Плавные флюсы получают сплавлением исходных материалов в электрических или пламенных печах с последующей грануляцией.

Керамические флюсы представляют собой механическую смесь легирующих, модифицирующих и шлакообразующих составляющих, соединенных жидким стеклом. Флюсы получают смешиванием порошков исходных материалов с добавкой связующего вещества. Затем массу дробят на гранулы размером 2...3 мм и сушат.

Флюсы-смеси получают смешением плавных и керамических флюсов.

Флюс при наплавке выполняет следующие функции:

повышение устойчивости горения дуги;

защиту расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха;  
очистку расплавленного металла от включений и его раскисление;  
легирование необходимыми элементами металла шва;  
образование теплоизоляционного слоя, замедляющего процесс затвердевания металла.

В состав флюса входят:

- шлакообразующие вещества (марганцевая руда, кварцевый песок, известняк, плавиковый шпат и др.);
- раскисляющие и легирующие вещества (ферромарганец, ферротитан, алюминий и др.);
- газообразующие вещества (крахмал, древесная мука и др.);
- ионизирующие вещества (сода, диоксид титана).

Применяют следующие электродные материалы: проволоку сплошного сечения (Нп-30, Нп-50; Св-12Г2, Св-08Г2С) и порошковую.

В качестве источников питания для электродуговой наплавки и сварки применяют выпрямители ВС-300, ВДГ-301.

В роли вращателей деталей используют специальные установки УД-651, УД-302, УД-209 либо списанные токарные или фрезерные станки.

Для подачи проволоки применяют головки А-580М, ОКС-1252М и др.

Также существуют универсальные наплавочные станки У-651 и У653.

Преимущества механизированной наплавки под слоем флюса:

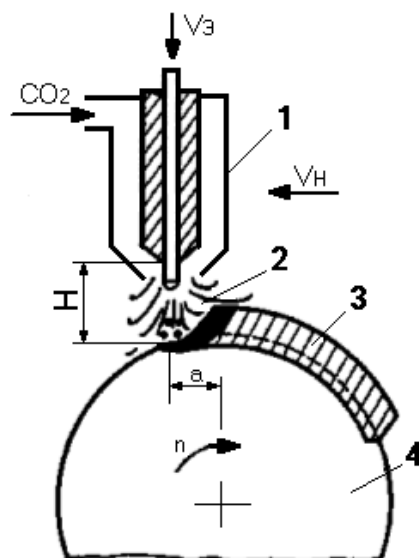
- повышением производительности труда в 6...8 раз по сравнению с ручной электродуговой наплавкой;
- высоким качеством наплавленного металла благодаря насыщению необходимыми легирующими элементами и рациональной организации тепловых процессов;
- меньшим расходом присадочного материала в результате исключения потерь на разбрызгивание, отсутствием огарков и уменьшением угара металла;
- лучшими условиями труда наплавщиков за счет механизации процесса и отсутствия открытой дуги.

Недостатки:

- большое вложение теплоты в материал детали, что увеличивает зону термического влияния и изменяет результаты предыдущей термической обработки;
- трудности удержания ванны расплавленного металла на поверхности цилиндрической детали и необходимость удаления шлаковой корки;
- уменьшение усталостной прочности деталей до 20...40 % за счет остаточных напряжений, пористости и структурной неоднородности;
- появление при загрузке флюса в бункер и его просеивании после использования силикатной пыли, вредной для организма человека.

## **2. Сварка и наплавка в среде защитных газов**

Сущность способа заключается в том, что электродная проволока из кассеты непрерывно подается в зону сварки. Ток к электродной проволоке подводится через мундштук и наконечник, расположенные внутри газоэлектрической горелки. При наплавке металл электрода и детали перемешивается. В зону горения дуги под давлением 0,05...0,2 МПа по трубке подается защитный газ, который, вытесняя воздух, защищает расплавленный металл от вредного действия кислорода и азота воздуха.



В качестве защитных газов применяют инертные (аргон, гелий и их смеси), активные (диоксид углерода, азот, водород, водяной пар и их смеси) и смеси инертных и активных газов.

Наибольшее применение в ремонтном производстве получила наплавка в среде диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) вследствие его доступности и низкой стоимости.

Применяют для наплавки и сварки:

электродную проволоку марок: Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС, Св-20ХГСА и др.;

порошковую проволоку: ПП-1Х14Т-0, ПП-ПЗН4-0, ПП-Р18Т, ПП-Р19Т, ПП-4Х28Г и др.

Достоинства:

позволяет сваривать материал толщиной от 0,5 мм. в любом пространственном положении;

имеется возможность наблюдения за процессом сварки благодаря отсутствию шлака;

обладает высокой производительностью;

при сварке отсутствуют вредные выделения;

используются дешевые материалы: проволока, газ – это наиболее дешевый из всех известных способов сварки и наплавки;

имеется возможность автоматизации процесса.

Для наплавки применяют:

установку УД-609.04 со сварочным полуавтоматом ПДР-616 (для наплавки плоских деталей);

установку УД-609.06 с источником питания ВДГ-303 и сварочным полуавтоматом ПДГ-312 (для наплавки цилиндрических деталей);

источники питания с жесткой характеристикой: УД-209, УД-294, ВС-200, ВС-400, ВДГ-301, ПСГ-350, АЗД-75/30 (для аргодуговой наплавки: ВСУ-300, УДГ-301, УДГ-501, УПС-301);

полуавтоматы: А-348, А-409, А-537, А-547У, А-547Р, А-580М, А-929, А-1230М, ПДГ-301, ПДГ-501, ПДПГ-515, «Гефест» и др.;

наплавочные головки АБС, ОКС-1252М;

баллоны емкостью 40 л;

подогреватели газа;

осушители;

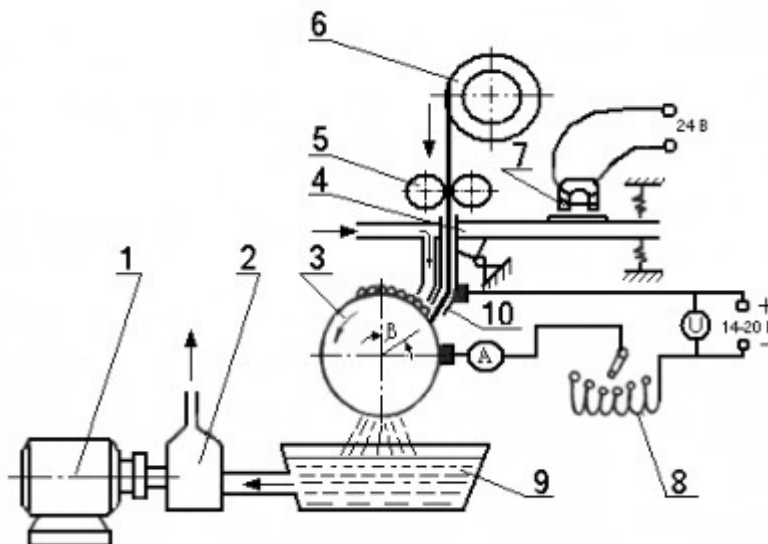
редукторы-расходомеры ДРЗ-1-5-7, или ротаметры РС-3, РС-3А, РКС-65, или кислородный редуктор РК-53Б.

### 3. Вибродуговая наплавка

Автоматическую вибродуговую наплавку широко применяют для восстановления преимущественно деталей типа вала диаметром более 20 мм, а также для восстановления отверстий диаметром более 40 мм и глубиной до 100 мм. Процесс наплавки осуществляют при виб-

рации электродной проволоки с подачей охлаждающей жидкости на наплавленную поверхность. В качестве охлаждающей жидкости применяют 2,5...6%-й водный раствор кальцинированной соды или 10...20%-й водный раствор глицерина. Образующийся пар защищает расплавленный металл от воздействия кислорода и азота воздуха и охлаждает наплавляемую деталь, чем способствует получению валика с более высокими механическими свойствами.

Цикл наплавки включает в себя короткое замыкание (в момент касания электродом детали), горение дуги (во время отрыва электрода от детали) и холостой ход (от момента, когда дуга погасла, до следующего короткого замыкания).



Достоинства способа: незначительная по глубине зона термического влияния; незначительная деформация деталей после наплавки; высокая твердость и износостойкость покрытия; высокая производительность процесса; возможность получения покрытия различной толщины и механических свойств.

Недостатки способа: снижение усталостной прочности до 60 % из-за образования закалочных структур в материале, вызывающих растягивающие напряжения и неоднородность твердости (в местах перекрытия точек сварки в результате отпуска твердость снижается); наличие пор в покрытии по причине быстрого перехода металла из жидкого состояния в твердое.

## ЛЕКЦИЯ №14

### ТЕМА: Восстановление деталей термическим напылением

Вопросы:

1. Общие сведения о сущности металлизации
2. Электродуговая металлизация
3. Газовая металлизация (газопламенное напыление)
4. Плазменная металлизация
5. Детонационное напыление

#### 1. Общие сведения о сущности металлизации

Сущность металлизации заключается в том, что материал покрытия в виде проволоки (или) порошка вводится в дуговой разряд или в высокотемпературную зону газовой струи, расплавляется и потоком воздуха или газа распыляется и направляется на поверхность детали, формируя покрытие.

Достоинства:

- нанесение покрытий из разных металлов и сплавов, как на металлическую (сталь, чугун, алюминий), так и неметаллическую (керамика, стекло и другие материалы) основу;
- возможно получение покрытий с заданными свойствами по твердости, износостойкости, пористости и другим показателям подбором материалов и режимов;

- нагревание детали не свыше 2000С, что позволяет сохранить ее структуру и свойства;
- толщина покрытия может колебаться в пределах от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров при производительности процесса до десятков килограмм распыляемого материала в час.

Недостатки:

- при нанесении покрытий на небольшие детали растут потери напыляемого материала;
- образование вредных для здоровья летучих соединений;
- повышенный шум и световое излучение.

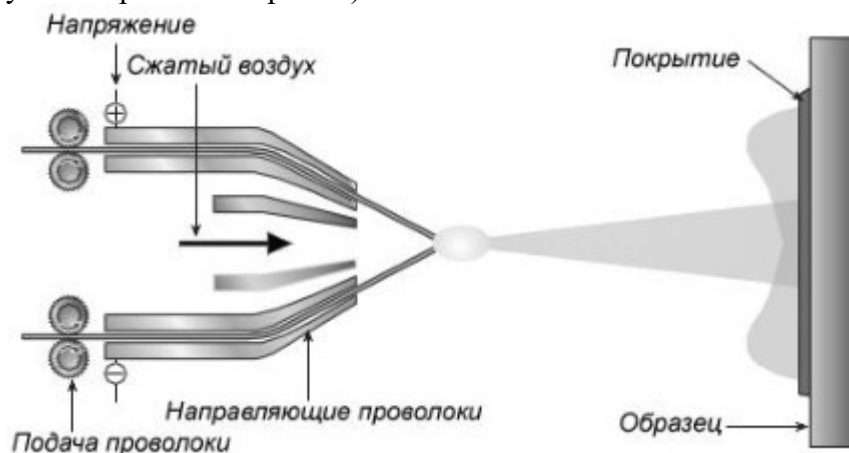
Основная характеристика, определяющая работоспособность газотермических покрытий, - прочность их сцепления с поверхностью восстанавливаемых (упрочняемых деталей). Подготовка поверхности (накатка, нарезка рваной резьбы, струйно-абразивная обработка и др.) сводится к созданию такой шероховатости, которая способствовала бы механическому закреплению напыляемого материала.

Прочность сцепления повышается при: напылении (в качестве подслоя) молибдена, никеля, хрома, никеля; подогрева детали перед нанесением покрытия; оплавлении после напыления и др.

## 2. Электродуговая металлизация

Электродуговая металлизация – процесс, при котором металл чаще (всего в виде проволоки) расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на поверхность восстанавливаемой детали. Электродные проволоки подаются двумя парами изолированных один относительно другого роликов, контактируют, выходя из латунных наконечников. Последние находятся под напряжением, что приводит к возникновению электрической дуги, в которой плавятся проволоки.

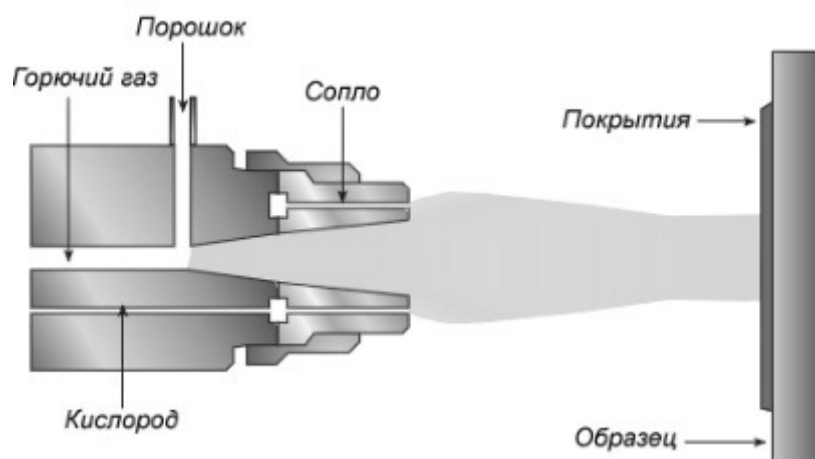
Струя сжатого воздуха распыливает образующиеся капельки жидкого металла на мельчайшие частицы и силой подает их на поверхность детали. Раскаленные частицы, соприкасаясь со струей сжатого воздуха, охлаждаются, но достигают поверхности детали в пластическом состоянии. Ударяясь о нее с большой скоростью (до 200 м/с), они расплющиваются, заполняя неровности (образуется пористое покрытие).



## 3. Газовая металлизация (газопламенное напыление)

Газовая металлизация – процесс при котором материал в виде проволоки или порошка плавится в источнике тепловой энергии, образуемом в результате горения смеси кислород + горючий газ.

Горючим газом может быть ацетилен или пропан-бутан. В первом случае процесс может быть выполнен на аппарате МГИ-4А, во втором – МГИ-4П. для напыления тугоплавких материалов применяют установку УПН-8-68, которая состоит из распылительной головки, автономно расположенного питателя и вспомогательного оборудования. Она работает на ацетиленокислородном пламени. Транспортным газом служит кислород.

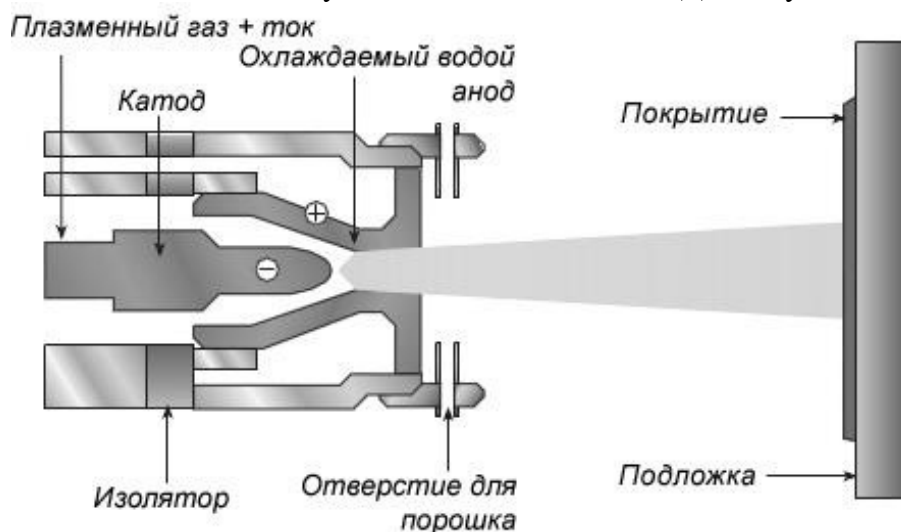


#### 4. Плазменная металлизация

Плазма представляет собой высокотемпературный, сильноионизированный газ. Он создается дуговым разрядом, размещенным в узком канале специального плазматрона, при обдуве электрической дуги соосным потоком плазмообразующего газа. Столб дуги сжимается, его степень ионизации и температура повышаются (до 10...18 тыс. град.).

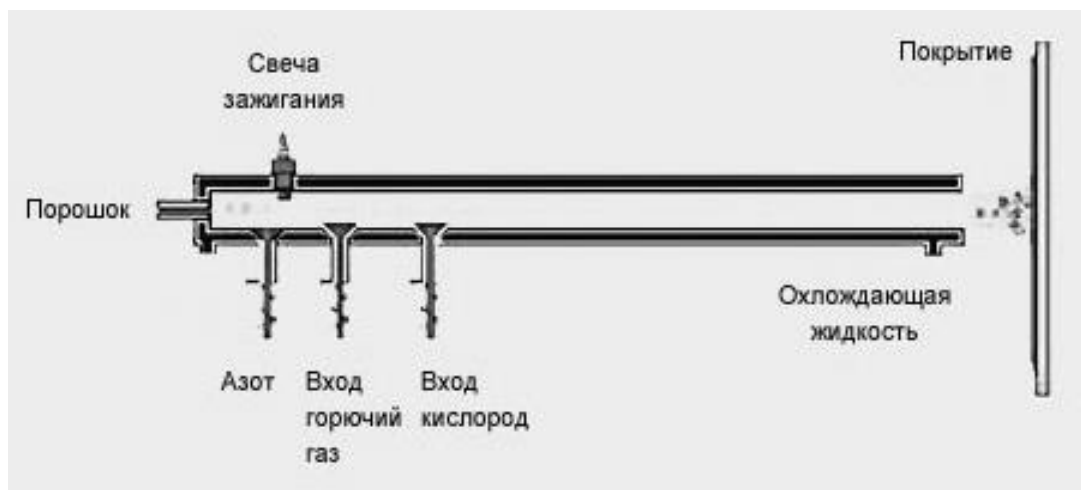
В качестве плазмообразующих газов служат аргон, азот, гелий, а в качестве присадочных материалов – электродная проволока или специальные порошки.

Покрyтия наносят с помощью установок УМП-6, УПУ-3Д и полуавтомата 15В-Б.



#### 5. Детонационное напыление

Детонационное напыление проводится на специальной установке (пушке) с использованием энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси. Взрывчатая смесь состоит из компонентов ацетилен + кислород или пропан + бутан + кислород. При воспламенении смеси пламя распространяется со скоростью до 2000...4000 м/с. Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые кроме кинетической энергии получают также тепловую энергию. Скорость выноса порошка 600...1200 м/с. Ударяясь о поверхность изношенной детали, частицы порошка образуют плотный слой покрyтия.



## ЛЕКЦИЯ №15

### ТЕМА: Способы восстановления деталей гальваническими покрытиями

Вопросы:

1. Общие сведения о процессе гальванизации
2. Хромирование
3. Железнение

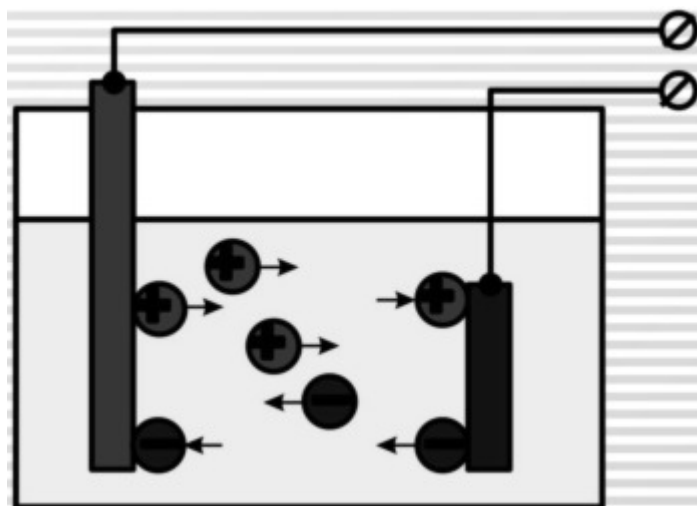
#### 1. Общие сведения о процессе гальванизации

Более 85% деталей тракторов и автомобилей и 95% деталей двигателей выбраковывают при износе не более 0,3 мм. Их целесообразно восстанавливать гальваническими покрытиями. Преимущества такого способа восстановления перед другими:

- 1) отсутствие термического воздействия на детали, вызывающего в них нежелательные изменения структуры и механических свойств;
- 2) получение с большой точностью заданной толщины покрытий, что приводит к снижению до минимума пропуска на последующую механическую обработку и ее трудоемкости или вовсе исключению обработки;
- 3) одновременное восстановление большого числа деталей (в ванну загружают десятки деталей), что снижает трудоемкость и себестоимость единицы изделия;
- 4) возможность автоматизации процесса.

Сущность процесса:

Если в растворитель (кислоту, щелочь) или в раствор какой-либо соли опустить металлический стержень (например медный стержень в раствор серной кислоты), то металл будет растворяться и переходить в раствор, образуя положительно заряженные ионы. Ионы, образовавшиеся в процессе электролитической диссоциации, движутся в электролите беспорядочно. Если же а него на некотором расстоянии один относительно другого поместить два токопроводящих электрода, присоединенных к источнику тока, то под действием электрического поля ионы будут двигаться направленно. В цепи возникнет электрический ток. Электрод, присоединенный к отрицательному полюсу источника тока, называют катодом, а электрод, присоединенный к положительному полюсу, - анодом. Положительно заряженные ионы (ионы металлов и водорода) перемещаются к катоду и поэтому их называют катионами, отрицательно заряженные ионы (ионы металлоидов и кислотных остатков) – к аноду и называют анионами.



Достигнув поверхности электродов, ионы разряжаются, превращаясь в нейтральные атомы. На катоде выделяются металлы и водород, а анод растворяется, и на его поверхности выделяется кислород.

Химический процесс, протекающий на электродах при прохождении через электролит электрического тока, называется электролизом. Устройства, в которых за счет внешней электрической энергии совершаются химические превращения веществ, называются гальваническими ваннами. Катодом служит предварительно очищенные и подготовленные детали, подлежащие покрытию, а анодом – пластины из осаждаемого металла. Иногда используют аноды из металла или сплава, которые в данном электролите не растворяются (свинец), а также нерастворимые аноды из графита.

$$M_T = C \cdot I \cdot t_0$$

где:  $M_T$  – масса вещества, выделившегося на катоде или растворившаяся на аноде, г,  $C$  – электрохимический эквивалент вещества, г/(Ач),  $I$  – сила тока, проходящего через электролит, А,  $t_0$  – продолжительность электролиза.

Катодный выход металла по току - отношение практически полученного на катоде количества металла  $M_{П}$  к теоретически возможному:

$$\eta_k = (M_{П}/M_T)100 = (M_{П}/ C I t_0)100$$

## 2. Хромирование

Хромирование служит для получения покрытий с низким коэффициентом трения и высокой сцепляемостью. Хром химически стоек против воздействию многих кислот и щелочей, жароустойчив, что обеспечивает деталям высокую износостойкость даже в тяжелых условиях эксплуатации.

Хромирование применяют в следующих случаях:

- защитно-декоративное хромирование арматуры автомобилей, велосипедов, мотоциклов, вагонов и тд.;
- увеличение износостойкости пресс-форм, штампов, измерительных и режущих инструментов, трущихся поверхностей деталей машин (поршневых колец, штоков гидроцилиндров, плунжерных пар топливных насосов);
- восстановление малоизношенных ответственных деталей автомобилей и тракторов;
- повышение отражательной способности при изготовлении зеркал, отражателей и тд.

## 3. Железнение

При железнении применяют растворимые аноды из малоуглеродистой стали.

Железнение характеризуется хорошими технико-экономическими показателями:

- недорогие исходные материалы и аноды;
- высокие выход металла по току (85%...95%) и производительность,
- толщина твердого покрытия 0,8...1,2 мм;
- достаточно высокая износостойкость твердых покрытий, не уступающая износостойкости



закаленной стали.

Железнение применяют:

При восстановлении малоизношенных деталей (наращивании до номинального или ремонтного размера) автомобилей, тракторов с/х машин, различного оборудования;

Для исправления брака механической обработки.

Для упрочнения рабочих поверхностей деталей из малоуглеродистой или среднеуглеродистой сталей, не прошедших в процессе изготовления термической обработки.

Антон Алексеевич Хохлов  
Алексей Леонидович Хохлов  
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

**Основы технологии ремонта транспортно-технологических машин и  
комплексов**

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению  
подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и  
комплексов» - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ,  
2023.- 34 с.