

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Саратовский государственный аграрный университет**  
**имени Н. И. Вавилова»**

# **ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН**

**краткий курс лекций**

**для студентов IV курса**

**Направление подготовки**  
**35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль подготовки**  
**Технический сервис машин и оборудования**

**Саратов 2016**

УДК 631.3.0  
ББК 30.8  
Ш55

**Технология ремонта машин:** краткий курс лекций для студентов IV курса направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / Сост.: Шишурин С.А. // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 51 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Технология ремонта машин» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия». Целью освоения дисциплины является формирование у студентов навыков по организации и проведению ремонтно-обслуживающих работ техники, проектирования современных технологических процессов ремонта и использование их результатов в профессиональной деятельности.

УДК 631.3.0  
ББК 30.8

© Шишурин С.А. 2016  
© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2016

## **Введение.**

В процессе эксплуатации машины подвергаются различным внешним (эксплуатационным) и внутренним воздействиям, в результате чего изменяется их техническое состояние, что ухудшает технико-экономические показатели машин: увеличивается расход топлива и масла; уменьшаются рабочие скорости и мощность, тяговое усилие; снижается производительность. Основные причины снижения исходных характеристик: нарушение исходных регулировок механизмов и систем, ослабление креплений, изменение свойств материалов, зазоров и натягов в соединениях деталей в результате изнашивания.

Трудоемкость восстановления деталей составляет 30...50% общей трудоемкости процесса ремонта машин. Наибольшая доля трудоемкости процесса ремонта машин приходится на восстановление их изношенных деталей, однако и наибольшая доля экономической эффективности всего процесса ремонта обеспечивается восстановлением этих деталей.

## Лекция 1

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА МАШИН

К внешним факторам, влияющим на надежность машин, относятся климатические условия, свойства почвы и растений, уровень технического обслуживания, ремонта, квалификации обслуживающего персонала и др.

К внутренним факторам, вызывающим изменение исходных характеристик машины, относят несовершенство конструкции машин, технологии их изготовления или ремонта [1].

Основной причиной выхода из строя агрегатов машин является изнашивание их деталей.

Изнашивание – процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела при трении и (или) увеличении его остаточной деформации, проявляющейся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.

Износ – результат изнашивания, определяемый в единицах длины, объема, массы. Износ деталей и соединений приводит к ухудшению функциональных показателей машины и, как правило, регламентирует ее ресурс.

Наиболее распространена следующая классификация видов изнашивания по воздействию на поверхность трения и протекающих на ней процессов при эксплуатации машин [1]:

- механическое изнашивание – абразивное, гидроабразивное (газоабразивное), гидроэрозионное, кавитационное, усталостное, изнашивание при фреттинге, изнашивание при заедании;
- коррозионно-механическое – окислительное, фреттинг-коррозия;
- электроэрозионное.

Накопленные мировой практикой методы и способы предотвращения износа в машинах можно разделить на следующие группы: материаловедческие; технологические; конструкционные; производственные и эксплуатационные.

### Вопросы для самоконтроля

- 1) Что относится к внешним факторам, влияющим на надежность машин?
- 2) Что относится к внутренним факторам, влияющим на надежность машин?
- 3) Какие Вы знаете способы предотвращения износа деталей машин?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.

## Лекция 2

### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС РЕМОНТА МАШИН

Ремонт – это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности объекта (изделия) и восстановлению ресурса объекта или его составных частей. Ремонт является этапом эксплуатации объекта [1].

Ремонт машин – это наука, занимающаяся изучением причин снижения долговечности машин, разработкой вопросов поддержания их в работоспособном состоянии и осуществления технологии и организации восстановления их ресурсов.

Технология ремонта машин – синтезирующая научная дисциплина, использующая основные положения общинженерных и специальных дисциплин [1].

Восстановление детали – комплекс технологических операций по возобновлению исправности и (или) работоспособности детали с условием восстановления ее размеров и ресурса до уровня новой детали.

Сюда относятся технологические процессы, в которых используется наращивание деталей наплавкой, гальваническим способом, обработкой давлением, постановкой колец, резьбовых вставок и др.

Ремонтное производство – осуществленный производственный процесс ремонта машин на предприятии с заданной программой.

Производственным процессом называется совокупность всех действий людей и орудий производства, направленных на превращение неисправной машины в работоспособную, отвечающую техническим требованиям.

Производственный процесс включает в себя не только разборку, сборку машины и восстановление деталей, но также контроль качества, транспортировку и хранение продукции, подачу электроэнергии, сжатого воздуха, подвод воды и другие элементы деятельности предприятия [2].

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению технического состояния ремонтируемых машин и оборудования. Отличие производственного процесса от технологического заключается в наличии вспомогательных операций, таких, как: подготовка средств производства и организация рабочего места, транспортировка объектов ремонта и обеспечение необходимыми материалами, хранение запасных частей и материалов и т.д.

Технологический процесс, в свою очередь, подразделяется на ряд технологических операций и переходов.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, т.е. на части производственной площади цеха, где размещены исполнители работы и технологическое оборудование [1].

Например, технологический процесс ремонта шатунно-поршневого комплекта состоит из операций разборки, контроля, ремонта или восстановления отдельных деталей, комплектации, сборки и контроля собранного комплекта.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и обрабатываемых поверхностей [2].

#### Вопросы для самоконтроля

1) Дайте определения ремонт, ремонт машин, технология ремонта машин, восстановление детали.

- 2) Понятие производственного процесса ремонта.
- 3) Понятие технологического процесса.
- 4) Технологическая операция и переход.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

##### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 3

### ОЧИСТКА ОБЪЕКТОВ РЕМОНТА

Виды загрязнений.

Нагар образуется при сгорании топлива и масел. Он оседает на стенках камер сгорания, днищах поршней, клапанах, искровых свечах зажигания, форсунках и выпускных коллекторах.

Лаковые пленки образуются под действием высокой температуры на масляные слои небольшой толщины. Они отлагаются на шатунах, внутренних поверхностях поршней, коленчатых валах и других деталях.

Осадки, образованные из продуктов окисления масла, топлива, сажи, пыли, воды, частиц износа и других, оседают в поддоне картера, масляных каналах, клапанной коробке, в масляном фильтре, на стенках маслоприемника [1].

Асфальтосмолистые вещества образуются под действием высоких температур и кислорода воздуха. Они представляют собой твердые частицы, которые входят в состав осадков, оказывают абразивное действие на детали и вызывают их повышенный износ.

Накипь откладывается на поверхностях циркуляции воды в системе охлаждения двигателей в результате выделения солей кальция и магния при нагреве воды до температуры 70...80°C.

Коррозия — химическое и электрохимическое разрушение металлов.

Остатки лакокрасочных покрытий. При эксплуатации лакокрасочные покрытия, защищающие поверхности деталей машин от коррозии, частично разрушаются, а иногда скрывают мелкие трещины и другие дефекты. Кроме того, старая краска загрязняет при ремонте рабочее место и другие детали, затрудняет выполнение сварочных работ, поэтому ее необходимо удалять перед ремонтом.

Технологические загрязнения на деталях и сборочных единицах образуются при ремонте, сборке и обкатке (металлическая стружка, остатки притирочных паст, шлифовальных кругов и др.).

Моющие вещества.

Вода и растворы каустической соды. Отложения на наружной поверхности машин и сборочных единиц, состоящие из пыли, грязи, остатков растительности и других загрязнений нежирового происхождения, удаляют обычно струей воды, подогретой до температуры 70...80°C. Для удаления с поверхности топливо-смазочных материалов применяют 1...2%-ный водный раствор каустической соды [1].

Органические растворители – представляют из себя углеводороды (бензин, керосин, бензол и др.), относящиеся к классу слабополярных органических соединений и хорошо растворяющие вещества себе подобные (масла, битумы и др.).

Растворяюще-эмульгирующие средства представляют собой моющие композиции из растворителя и эмульгатора, например поверхностно-активное вещество (ПАВ), с применением воды. Они растворяют и одновременно эмульгируют удаляемые загрязнения [1].

Кислотные растворы (КР) — водные растворы неорганических и органических кислот. Их используют для удаления продуктов коррозии и накипи. Однако при очистке деталей машин кислотным раствором существует опасность их коррозионного поражения. Для избежания этого в его состав вводят ингибиторы кислотной коррозии, предохраняющие металл от разрушения.

Синтетические моющие средства (СМС) – представляют собой смеси щелочных солей и поверхностно-активных веществ. Они предназначены для очистки машин, от масляных и углеродистых отложений и выпускаются промышленностью в виде белого и светло-желтого порошка или гранул.

Способы очистки.

Физико-химический способ (струйный и в ваннах) заключается в том, что загрязнения с поверхностей деталей удаляют водными растворами различных препаратов или специальными растворителями при определенных условиях (режимах). Основные условия высококачественной физико-химической очистки водными растворами: высокая температура моющего химического раствора (75...95°C), вибрирующий поток или струя при значительном давлении и эффективные моющие средства [1].

Электрохимический способ используют в токопроводящем электролите на постоянном или переменном токе. Чаще применяют ток с плотностью 3...10 А/дм<sup>2</sup>. С увеличением плотности тока процесс обезжиривания поверхности возрастает. Электрохимическую очистку широко применяют при подготовке деталей к гальваническим, полимерным и лакокрасочным покрытиям.

Ультразвуковой способ основан на передаче энергии от излучателя ультразвука через жидкую среду к очищаемой поверхности. Колебания, составляющие 20...25 кГц, вызывают большие ускорения и приводят к появлению в жидкой среде мелких пузырьков, при разрыве которых в микрообъемах возникают гидравлические удары большой силы, разрушающие углеродистые отложения в течение 2...3 мин, а масляные пленки за 30...40 с.

Термический способ используют для очистки деталей от наиболее стойких углеродистых отложений (нагара, асфальтенов и др.). Деталь помещают в термическую печь, нагревают до температуры 600...700°C, выдерживают 2...3 ч и затем медленно охлаждают вместе с печью. В деталях, не подверженных короблению, нагар можно удалять выжиганием газовым пламенем [1].

Механический способ заключается в очистке поверхности детали вручную скребками, щетками и т.п. или механизированно-косточковой крошкой, абразивными и другими материалами, подаваемыми вместе с воздухом, водой или моющим раствором.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Какие Вы знаете виды загрязнений деталей, узлов и агрегатов с/х техники?
- 2) Какие Вы знаете моющие вещества применяемые при очистке деталей, узлов и агрегатов с/х техники?
- 3) Какие Вы знаете способы очистки деталей, узлов и агрегатов с/х техники?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.



## Лекция 4

### РАЗБОРКА МАШИН И АГРЕГАТОВ

Конечная цель разборки – сохранение деталей для повторного использования. Поэтому правильная организация и последовательность выполнения разборочных работ значительно влияют на продолжительность и трудоемкость разборки, сохранность деталей и в конечном итоге на качество и стоимость восстановления ремонтируемых объектов.

Последовательность разборки изделия может быть отражена в маршрутных картах, а также в маршрутных схемах разборки. Степень разборки определяют видом ремонта и техническим состоянием объектов разборки. При капитальном ремонте на специализированных ремонтных предприятиях машины разбирают на агрегаты и сборочные единицы, а агрегаты и сборочные единицы – на детали на специализированных постах. При этом под деталью понимают составной элемент изделия, состоящий из однородного материала без применения сборочных операций, а под агрегатом и сборочной единицей – составной элемент изделия, состоящий из двух и более деталей, соединенных между собой посредством сборочных операций [1].

Основные приемы и принципы разборки следующие. Сначала 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 этом структурную схему разборки строят так, чтобы из изделия в первую очередь выводились соединительные элементы и сборочные единицы 1-го порядка, которые затем разбирают соответственно на соединительные детали и сборочные единицы 2-го и последующих порядков. Разборку каждой сборочной единицы завершают выведением базовой детали [2].

Сборочные единицы и детали на структурной схеме разборки изображают в виде прямоугольника с указанием наименования элемента, номера его по каталогу, числа элементов в изделии и номера позиции на соответствующем рисунке (чертеже), являющимся обязательным приложением к схеме [1].

В процессе разборки не рекомендуется разукрупнять соединенные пары, которые на заводе-изготовителе обрабатывали в сборе или подвергали балансировке (крышки коренных подшипников с блоком цилиндров, крышки шатунов с шатунами, картер сцепления с блоком цилиндров, коленчатый вал с маховиком двигателя), а также приработанные пары деталей (конические шестерни главной передачи, распределительные шестерни, шестерни насосов смазочной и гидравлической систем и т.д.). Такие детали связывают или вновь соединяют болтами [1].

Особые требования предъявляют к разборке при необезличенном методе ремонта. В этом случае красками или другими способами помечают взаимное расположение деталей. К каждой из них, в том числе базовым, прикрепляют металлическую бирку с ремонтным номером, присваиваемым изделию при приемке в ремонт. После восстановления отдельных деталей на сборку подают составные элементы с одинаковым номером. Это позволяет при сборке сохранить не только взаимное расположение деталей до разборки, но и осуществить сборку из деталей, принадлежавших лишь данному изделию.

В процессе разборки необходимо использовать стенды, съемники, специальные приспособления и инструменты. При выпрессовке подшипников, сальников, втулок

применяют съемники, оправки и выколотки с мягкими наконечниками (как правило, медными или алюминиевыми). Если выпрессовывают подшипник из ступицы или стакана, то усилие прикладывают к наружному кольцу, а при снятии с вала – к внутреннему [1].

При разборке резьбовых соединений, подверженных коррозии или механическим повреждениям, требуются специальные приемы и приспособления, в частности выдержка под слоем ветоши, смоченной керосином. При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отвертывают на пол-оборота все болты и гайки и только после этого их вывертывают. Не разрешается использовать зубило и молоток для отвертывания гаек, болтов, шурупов, пробок и т. п., так как это приводит к их повреждению. Не допускается использовать ударный инструмент и при разборке других соединений [2].

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Основные приемы и принципы разборки машины.
- 2) Особые требования предъявляют к разборке при необезличенном методе ремонта.
- 3) Особенности разборки резьбовых соединений, снятия чугунных деталей и выпрессовки подшипников.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 5

### ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

Дефектация - это комплекс работ по определению состояния деталей и возможности их повторного использования. Она необходима для выявления у деталей дефектов, возникающих в результате изнашивания, коррозии, усталости материала и других процессов, а также из-за нарушений режимов эксплуатации и правил технического обслуживания.

Под дефектом понимают каждое отдельное несоответствие детали установленным требованиям [1].

Дефекты в общем случае подразделяют по ряду классификационных групп [2]:

- по возможности обнаружения – на явные и скрытые;
- по значимости – на малозначительные, значительные и критические;
- по причинам возникновения – на конструктивные, технологические и эксплуатационные;
- по возможности устранения – на устранимые и неустраняемые.

Явные – это дефекты, которые определяют визуально либо предусмотренными в нормативно-технической документации методами и средствами (микрометражным, весовым и др.).

Скрытые – это дефекты, которые обнаруживают специальными методами контроля, получившими название методов дефектоскопии.

Малозначительные – дефекты, не оказывающие существенного влияния на использование деталей, их долговечность.

Значительные – дефекты, существенно влияющие на использование деталей, их долговечность.

Критические – это дефекты, при наличии которых использование деталей по назначению невозможно.

Конструктивные – дефекты, появление которых обусловлено нарушением правил разработки изделия.

Технологические – дефекты, появление которых обусловлено нарушением правил (технологии) изготовления и ремонта изделия.

Эксплуатационные – дефекты, появление которых обусловлено эксплуатацией изделия.

Устранимые – дефекты, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно.

Неустраняемые – дефекты, устранение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно [1].

Для обнаружения таких дефектов, как поломка, крупные трещины, пробоины, достаточен визуальный наружный осмотр. Ослабление заклепок, посадок резьбовых и прессовых соединений выявляют методами остукивания вручную.

Дефекты геометрических параметров деталей и сборочных единиц (размеров, формы, взаимного расположения рабочих поверхностей) выявляют измерением и сравнением фактических показателей с данными технической документации, где приведены номинальные, допустимые и предельные размеры деталей, зазоры и натяги соединений.

В зависимости от размера износа, вида и характера повреждения детали сортируют на три-пять групп и маркируют краской соответствующего цвета [2]:

- годные - зеленым,
- годные в соединении с новыми или восстановленными до номинальных размеров деталями - желтым,
- подлежащие ремонту или восстановлению на данном ремонтном предприятии - белым,
- подлежащие восстановлению на специализированных ремонтных предприятиях - синим
- негодные - красным.

Скрытые дефекты обнаруживают следующими методами дефектоскопии: капиллярными, магнитными, акустическими, обнаружения подтекания жидкости или газа.

Капиллярный метод основан на проникновении веществ, называемых пенетрантами, в полости дефектов контролируемого объекта.

Магнитный метод применяют для обнаружения дефектов изделий, изготовленных только из ферромагнитных материалов, потому что эти материалы значительно изменяют свои магнитные свойства при внешнем намагничивании. Он основан на явлении возникновения в месте расположения дефекта магнитного поля рассеяния. Благодаря высокой чувствительности магнитного метода, его относительной простоте и надежности он получил широкое распространение в промышленности.

Ультразвуковые методы контроля основаны на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте. Наибольшее распространение на практике получили эхо-импульсный и теневой методы [1].

Обнаружение подтекания газа и жидкости необходимо для проверки герметичности пустотелых деталей: блоков цилиндров, водяных и масляных радиаторов, камер шин, трубопроводов, шлангов, поплавков карбюраторов и др.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Классификация дефектов.
- 2) Сущность и назначение дефектации.
- 3) Методы обнаружения явных дефектов.
- 4) Методы обнаружения скрытых дефектов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 6

### КОМПЛЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

Для обеспечения ритмичной сборки машин и агрегатов при их ремонте каждое рабочее место должно быть укомплектовано всей номенклатурой деталей и сборочных единиц, которые устанавливаются на машину или агрегат на данном рабочем месте. Комплекс работ по подбору деталей и сборочных единиц, обеспечивающих сборку изделий в соответствии с техническими требованиями, осуществляют в специальном комплектовочном отделении.

Детали поступают туда с трех направлений: годные без ремонта с допустимыми размерами из дефектовочного отделения, восстановленные до чертежного или ремонтного размера детали из цеха восстановления изношенных деталей и новые детали со склада запасных частей. Задача комплектации – подобрать из этих потоков всю номенклатуру деталей, обеспечивающую необходимую точность сборки и соответственно необходимый ресурс изделия.

В машиностроении применяют три метода комплектования деталей: метод полной взаимозаменяемости, метод групповой взаимозаменяемости (селективной сборки) и метод индивидуальной подгонки [1].

Метод полной взаимозаменяемости заключается в том, что точность сборки (посадки) деталей обеспечивают при соединении любых взятых из партии деталей без подбора и подгонки.

При этом методе необходимы суженные поля допусков на размеры деталей, высокая точность их обработки, что повышает трудоемкость и стоимость их обработки. Однако он обеспечивает наибольшую четкость и простоту организации производственного процесса сборки, поэтому в машиностроении, особенно в крупносерийном и массовом производстве, метод полной взаимозаменяемости применяют наиболее широко.

Метод групповой взаимозаменяемости основан на расширении поля допуска при изготовлении соединяемых деталей, а для обеспечения требуемого зазора или натяга при сборке детали сортируют и комплектуют по размерным группам.

Метод индивидуальной подгонки заключается в том, что каждую деталь при сборке подгоняют индивидуально под размер соединенной с ней деталью до достижения поля допуска зазора. Такой метод комплектования очень дорогой. Применяют его при сборке соединений очень высокой точности [2].

Все эти методы используют и при комплектации деталей в процессе ремонта машин. Все новые детали из запасных частей, а также детали, восстановленные до чертежного размера и комплектуемые по методу полной взаимозаменяемости при изготовлении машин, комплектуют также и при ремонте.

Детали, имеющие большие поля допусков при изготовлении машин и комплектуемые по методу групповой взаимозаменяемости (поршни – гильзы цилиндров, поршневые пальцы – отверстия под поршневой палец в поршнях), так же комплектуют и при ремонте. Детали шатунно-поршневой группы сортируют и комплектуют не только по размерным группам, но и по массе [1].

Метод индивидуальной подгонки применяют при ремонте дизельной топливной аппаратуры. Прецизионные детали сортируют, комплектуют в сопряженные пары, затем подвергают совместной притирке и спаренными комплектами подают на сборку.

По методу индивидуальной подгонки комплектуют клапаны и седла клапанов газораспределительного механизма, других клапанных узлов.

Особенности комплектации деталей при ремонте [2].

1. Приработанные и годные для дальнейшего использования детали соединений вновь направляют на сборку с обязательным их необезличиванием (цилиндрические и конические шестерни, корпусные детали и стаканы подшипников, шлицевые поверхности и др.).

2. Детали соединений, обрабатываемые совместно при их изготовлении (блок цилиндров и крышки коренных подшипников, шатун и крышка нижней головки шатуна и др.), нельзя раскомплектовывать в случае, если их износ менее допустимого.

На передовых ремонтных предприятиях принят следующий порядок движения деталей в производстве. Детали разобранных агрегатов (кроме крупногабаритных) укладывают в специальные корзины, очищают в моечных машинах, а затем подают на дефектацию. Каждая из них в таре имеет свое определенное место. Крупногабаритные детали подают на посты ремонта и сборки. Вместо них в корзины на определенное место вешают жетон с обозначением детали и ее характеристикой (например, годная, требующая ремонта). На постах дефектации негодные изделия изымают из корзины и направляют в цех восстановления деталей или на склад деталей, ожидающих ремонта. Корзина с годными деталями поступает в комплектовочное отделение, где ее доукомплектовывают недостающими деталями и направляют на посты сборки агрегатов и машин [1].

Организация работ по данной схеме способствует уменьшению перегрузок деталей, улучшению снабжения постов сборки комплектами деталей по принадлежности к агрегатам, сохранению приработанных пар, планомерной загрузке постов восстановления и изготовления деталей.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Сущность и назначение комплектации.
- 2) Метод полной взаимозаменяемости при комплектации деталей.
- 3) Метод групповой взаимозаменяемости при комплектации деталей.
- 4) Селективная подборка деталей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 7

### БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

В процессе эксплуатации машин вследствие изнашивания и деформирования деталей нарушается уравновешенность вращающихся сборочных единиц. К неуравновешенности приводят также: неточность обработки деталей при их восстановлении из-за возможного смещения осей посадок, отступление от конструкторских баз, неравномерное распределение толщины наращенного слоя на поверхности изношенной детали, некачественная сборка и т.д.

Неуравновешенность – это состояние, характеризующее такое распределение масс, которое вызывает переменные нагрузки на опоры вращающихся деталей. Возникающие вследствие этого вибрации приводят к ускоренному изнашиванию сопряжений и снижению полезной мощности машин, способствуют быстрой утомляемости водителей. Неуравновешенность вращающихся деталей машин и оборудования устраняют их балансировкой. К деталям, требующим балансировки, относят: коленчатые валы двигателей, роторы турбокомпрессоров, лопасти вентиляторов, маховики, колеса, барабаны центрифуг, карданные валы и т. д.

В ремонтно-обслуживающем производстве для устранения неуравновешенности деталей применяют два вида балансировки: статическую и динамическую.

Статическое балансирование проводят без вращения тел, устанавливая их в вертикальной плоскости и находя для них положение безразличного равновесия.

Принципиальное решение задачи статического балансирования достаточно легко реализуется на практике [1].

Вал диска укладывают на длинные горизонтально расположенные призмы или ролики с малым сопротивлением от трения в опорах. При этом облегченную часть диска располагают сверху. Удаляя часть материала с нижней стороны диска (высверливанием или опиловкой), добиваются такого положения диска, при котором после поворота его на любой угол он оставался бы неподвижным (т.е. был бы в состоянии равновесия). Статическую балансировку выполняют на стендах с призмами или роликами.

Динамическое балансирование характеризуют вращением деталей и сборочных единиц, имеющих большую длину относительно диаметра.

Для проверки динамической уравновешенности узла применяются специальные балансировочные станки. При вращении динамически неуравновешенной детали возникают нагрузки на ее опоры. Если эти опоры сделать подвижными в плоскости, перпендикулярной к оси вращения балансировочного узла, то они начнут вибрировать при вращении узла. По амплитуде колебания опор представляется возможность судить о величине дисбаланса узла [2].

В настоящее время наибольшее распространение получают станки для динамической балансировки, в которых колебания опор узла преобразуются в электрические импульсы. Одним из таких станков является балансировочный станок КИ-4274.

Станок предназначен для балансировки деталей вращающихся как в подшипниках скольжения, так и в подшипниках качения. Балансировке на станке могут подвергаться детали, центр тяжести которых находится между опорами (коленчатый вал, коленчатый вал в сборе с маховиком и сцеплением двигателя, молотильные барабаны комбайнов и

т. д.). Привод станка нереверсивный, вращение левое. Привод детали осуществляется от электродвигателя через ременную передачу на шкив шпинделя.

Динамической балансировке подлежат все коленчатые валы весом не выше 100 кг. Балансировку коленчатого вала необходимо производить совместно с маховиком, так как наибольшую величину дисбаланса создают сопряжение коленчатый вал – маховик.

Балансируемый вал на данном станке укладывают на упругие опоры, а для оценки неуравновешенности используют электрические сигналы от двух преобразователей, установленных в опорных точках. Поочередно опоры не фиксируют [1].

Положение плоскостей, в которых размещены неуравновешенные массы, определяют преобразованием электрических сигналов и подачей их на статор, установленный в цепи генератора. Дисбаланс устраняют высверливанием отверстий в противовесах.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Понятие неуравновешенности вращающихся масс.
- 2) Сущность и назначение статической балансировки.
- 3) Сущность и назначение динамической балансировки.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.



## Лекция 8

### СБОРКА, ОБКАТКА И ИСПЫТАНИЕ ОБЪЕКТОВ РЕМОНТА

Изделия в машиностроении имеют множество разнообразных соединений деталей. В машинах примерно 35...40% соединений типа цилиндрический вал-втулка, 15...20% плоскостных соединений, 15...25% резьбовых, 6...7% конических, 2...3% сферических и т.д. Все эти соединения характеризуются различными конструктивными, технологическими и экономическими факторами: степенью относительной подвижности, возможностью разборки, технологичностью в сборке и демонтаже, видом контакта сопрягающихся поверхностей деталей, прочностью, химической стойкостью, затратами труда и средств на сборку и т.д. По конструкции и условиям эксплуатации соединения деталей можно разделять на подвижные и неподвижные. Детали подвижных соединений обладают возможностью относительного перемещения в рабочем состоянии по некоторым траекториям, определяемым кинематической схемой механизма, звеньями которого эти детали являются. Детали неподвижных соединений в рабочем состоянии перемещаться не могут.

Подвижные и неподвижные соединения в зависимости от возможности их демонтажа подразделяют на разъемные (свободно разбираемые) и неразъемные (неразбираемые). Число разъемных соединений в современных машинах и механизмах составляет в зависимости от их конструктивных особенностей от 65 до 85 % всех соединений. Под разъемными (демонтируемыми) соединениями подразумевают лишь те, которые могут быть полностью разобраны без повреждения соединяющих и скрепляющих их деталей.

Особенности сборки соединений с подшипниками качения – наличие переходных посадок в сопряжениях, значительное влияние геометрических размеров и форм посадочных мест на деформацию подшипников и, как следствие, на их работоспособность [1].

При сборке опор с подшипниками скольжения основное внимание уделяют соблюдению сборочных зазоров, геометрических параметров сопрягаемых деталей, соосности опор подшипников, т.е. плотности их прилегания и правильности сборки.

Надежность зубчатых соединений зависит от кинематической точности, соответствующего контакта зубьев, плавности зацепления, шумности работы. Эти показатели обеспечиваются точностью геометрических параметров зубчатых колес, расстоянием между осями и их взаимным расположением, размером бокового зазора между зубьями.

Сборку шлицевых соединений отличает сложность обеспечения точного бокового или радиального зазора (натяга) и соосность сопрягаемых деталей. Погрешность взаимного расположения осей приводит к сокращению ресурса соединения. Поэтому при сборке важно обеспечить правильное центрирование охватываемых деталей [2].

Широкое применение в машинах нашли неподвижные разъемные соединения вследствие их простоты и надежности крепления, удобства регулирования усилия затяжки и возможности разборки и повторной сборки соединений без замены детали. К ним относятся резьбовые и прессовые соединения (шпоночные, клиновые, штифтовые, некоторые шлицевые соединения с натягом). Резьбовые соединения обеспечивают прочность и герметичность стыка, надежное стопорение резьбовых деталей. Этого достигают очередностью и равномерностью затяжки гаек, обеспечением требуемых

усилий затяжки, правильным геометрическим положением рабочих поверхностей болтов (шпилек), применением стопорных устройств.

Шпоночные соединения могут быть напряженными и ненапряженными. В зависимости от вида шпоночного соединения шпонку вставляют в паз вала с натягом или зазором. Изменение размера шпонки по высоте может вызвать нарушение расположения охватываемой детали [1].

В процессе сборки значительный объем работ приходится на сборку соединений с натягом, которую выполняют с помощью специальных оправок и направляющих на прессах. Запрессовке подлежат различные втулки, шкивы, шестерни, кольца подшипников. Рекомендуют при сборке прессовых соединений применять смазку, что позволяет на 10...20% снизить усилие запрессовки.

Заклепочные соединения применяют в узлах, подверженных большим динамическим нагрузкам, или в случае сопряжения деталей, изготовленных из плохо свариваемых друг с другом материалов.

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

Основные задачи, решаемые в процессе обкатки и испытания [2]:

- 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.

Приработка – изменение геометрии поверхности трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, проявляющееся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания.

Под геометрией поверхности трения понимают совокупность показателей, характеризующих как шероховатость, т.е. величину и форму выступов и впадин, образовавшихся в процессе механической обработки, так и отклонения от правильной геометрической формы (овальность, конусность и т.д.).

Под физико-механическими свойствами поверхности понимают совокупность таких характеристик, как твердость, пластичность, структура, коэффициент трения, наличие внутренних напряжений в поверхностном слое [1].

В процессе приработки при взаимном первичном изнашивании улучшается качество поверхностей трения, достигаются требуемая шероховатость и износостойкость поверхностных слоев прирабатываемых материалов и, как следствие, улучшаются основные эксплуатационные параметры сборочных единиц.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Особенности сборки соединений с подшипниками качения и скольжения.
- 2) Особенности сборки шлицевых соединений и зубчатых передач.
- 3) Сущность и назначение обкатки.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

*Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

*Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.

## Лекция 9

### ОКРАСКА МАШИН

Лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные составы, которые при нанесении их тонким слоем (30...100 мкм) на поверхность изделия образуют лакокрасочное покрытие, защищающее его от коррозии и придающее ему красивый внешний вид.

Качество лакокрасочных покрытий определяется их механическими, химическими и адгезионными свойствами и самой технологией процесса окраски.

К основным компонентам таких материалов относят пленкообразующие вещества, растворители и пигменты. Кроме того, в их состав могут входить пластификаторы, сиккативы, наполнители и разбавители.

Пленкообразующие вещества способствуют склеиванию частиц пигментов и наполнителей и созданию тонкой пленки, прочно удерживающейся на поверхности изделия. К ним относят: олифы, природные и синтетические смолы, битумы, асфальтены и эфиры.

Растворители – жидкости, применяемые для разведения лакокрасочных материалов до состояния, пригодного для нанесения на поверхность изделия. К ним относятся уайт-спирит, сольвент, бензол, толуол, ксилол, ацетон, спирт, бензин, а также многокомпонентные растворители, представляющие собой смесь отдельных растворителей с преобладающим содержанием одного из них [1].

Пигменты – это тонкоизмельченные цветные неорганические вещества, нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и способные создавать с пленкообразующими веществами лакокрасочные покрытия. Их вводят в лакокрасочные материалы для придания им определенного цвета, повышения прочности и адгезии лакокрасочного покрытия.

Пластификаторы – вещества, вводимые в лакокрасочные материалы для повышения эластичности покрытий. Для пластификации пленкообразующих веществ, приготовленных на синтетических смолах, используют дибутилфталат, диметилфталатидиэтилфталат.

Сиккативы – вещества, ускоряющие процесс высыхания лакокрасочного покрытия.

Наполнители – порошкообразные неорганические вещества (мел, баритовый концентрат, каолин, белила и др.), нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и добавляемые в лакокрасочные материалы для увеличения прочности и удешевления стоимости покрытий.

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 относятся: лак, краска, порошковая краска, эмаль, грунтовка, шпатлевка и полуфабрикатный лак [2].

Способ подготовки поверхности перед окраской выбирают в зависимости от сложности поверхности, размеров и материала изделий, условий эксплуатации, программы предприятия, степени и характера загрязнений, экономической целесообразности и других факторов. В ремонтном производстве наиболее часто предварительно поверхности деталей обезжиривают щелочными растворами, органическими растворителями и пароструйным способом [1].

Грунтование. Эту операцию следует проводить в возможно более короткий срок после подготовки поверхности к нанесению лакокрасочного покрытия. На

подготовленную поверхность изделия наносят первый слой лакокрасочного покрытия – грунтовку, которая служит основой покрытия. Она предназначена для создания прочного антикоррозионного слоя, имеющего высокую сцепляемость с металлом и последующими слоями лакокрасочного покрытия.

**Шпатлевание.** Эта операция предназначена для сглаживания шероховатостей и незначительных неровностей на окрашиваемой поверхности. Шпатлевка представляет собой густую пастообразную массу. Она состоит из пигментов и наполнителей, затертых на различных лаках [2].

Для получения декоративных покрытий выполняют многослойную окраску, уделяя особое внимание отделочным работам. На кузова легковых автомобилей наносят до шести слоев нитроэмали или до трех слоев синтетической эмали. Каждый последующий слой наносят на хорошо просушенный нижележащий слой, что не выполняют при окраске синтетическими и некоторыми другими эмалями.

Наружные слои лакокрасочных покрытий часто наносят воздушным или безвоздушным распылением и в электростатическом поле [1].

По принципу подачи краски распылители делят на две группы: с подачей краски от красконагнетательного бака и с ее подачей самотеком из прикрепленного сверху стакана. Вторую группу применяют при небольших объемах работ. Все более широкое распространение находит безвоздушный способ распыления лакокрасочного материала под высоким давлением. Лакокрасочный материал из бачка подается насосом к краскораспылителю.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Основные компоненты лакокрасочных покрытий.
- 2) Сущность и назначение грунтования.
- 3) Сущность и назначение шпатлевания.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 10

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ПОНЯТИЯ О ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Восстановление изношенных деталей – это технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурса этих деталей путем возвращения им утраченной части материала из-за изнашивания и (или) доведения до нормативных значений свойств, изменившихся за время длительной эксплуатации машин.

Трудоемкость восстановления деталей составляет 30...50 % общей трудоемкости процесса ремонта машин. Восстановление деталей – часть процесса ремонта машин.

Наибольшая доля трудоемкости процесса ремонта машин приходится на восстановление их изношенных деталей, однако и наибольшая доля экономической эффективности всего процесса ремонта обеспечивается восстановлением этих деталей.

Процесс восстановления деталей включает операции: очистки, определения технического состояния, принятия решения по технологии восстановления, создания ремонтных заготовок с припуском на восстанавливаемых поверхностях, термической (химико-термической) и механической обработки, поверхностного или объемного пластического деформирования, нанесения защитных покрытий, контроля и консервации. Основное содержание процесса восстановления детали заключается в выполнении операции создания припуска на ее поверхностях, термической и механической обработки [1].

Технологические процессы разделяют на типовые, единичные и групповые.

Типовой технологический процесс предназначен для восстановления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Единичный процесс служит для восстановления группы изделий одного наименования, типоразмера и исполнения.

Групповой процесс необходим при восстановлении группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Способ восстановления детали (неразъемной сборочной единицы) – совокупность операций, характеризующая технологический процесс (наплавка, напыление, закалка, механическая обработка и т.д.).

Технологическая операция восстановления – законченная часть технологического процесса, выполненная на одном рабочем месте.

Коэффициент восстановления детали – отношение числа деталей, подлежащих восстановлению, к общему числу дефектованных деталей.

Удельный вес восстановления деталей в общем потреблении запасных частей – отношение стоимости восстановленных деталей к общей стоимости запасных частей (новых и восстановленных), используемых при ремонте машин.

Восстановительное производство (производство по восстановлению деталей) – это система сооружений, средств технологического оснащения и работников, обеспеченная нормативной, технологической и организационной документацией, потребляющая производственные ресурсы с целью превращения ремонтного фонда в исправные детали.

Цель производства по восстановлению деталей заключается в экономически эффективном восстановлении их надежности в результате наиболее полного использования остаточной долговечности составляющих элементов машин.

В ремонтном производстве действует трехуровневая схема производства по восстановлению изношенных деталей:

- первый уровень – цеха и участки восстановления деталей при специализированных ремонтных предприятиях. Номенклатура и объем восстанавливаемых деталей в таких цехах и участках зависят от специализации и программы ремонтируемых машин и агрегатов;
- второй уровень – участки и посты восстановления изношенных деталей при мастерских общего назначения районных ремонтно-технических предприятий. На данном уровне восстанавливают детали широкой номенклатуры с использованием универсального оборудования;
- третий уровень – участки и рабочие посты по восстановлению деталей в центральных мастерских хозяйств. Здесь используют в основном ручную сварку и наплавку с последующей механической обработкой [1].

Для первого и второго уровней производства по восстановлению изношенных деталей наиболее приемлемы следующие направления.

1. Объемы восстановления определяют наличием ремонтного фонда. Восстановлению подлежат все ремонтпригодные детали. Как правило, эта стратегия применима к деталям, восстановление которых дает большой экономический эффект и способствует снижению стоимости ремонта. В этом случае новые запасные части расходуются лишь вместо выбракованных.

2. Объемы восстановления определяют наличием запасных частей. Поступление новых запасных частей на сборку лимитировано. Восстанавливаются при этом лишь недостающие детали. Данная стратегия наиболее применима к деталям, восстановление которых связано с высокими затратами трудовых и материальных ресурсов, которые для любого предприятия являются лимитированными.

3. Сочетание двух предыдущих. Суть ее заключается в следующем: пока запас новых деталей превышает страховую величину, принимают второе направление, если запас новых деталей ниже страхового – первое.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Понятие технологического процесса.
- 2) Понятия способ восстановления детали, технологическая операция, коэффициент восстановления.
- 3) Трехуровневая схема производства по восстановлению изношенных деталей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 11

### МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОК СОПРЯЖЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

Изнашивание сопряженных деталей приводит к изменению их размеров и нарушению заданных посадок (зазоров, натягов). Восстановление посадок – основная задача при ремонте машин. Способы восстановления посадок можно разделить на три группы: без изменения размеров деталей, с изменением размеров деталей, восстановлением размеров сопряженных деталей.

Восстанавливать посадку без изменения размеров деталей можно регулировкой зазора (установкой или удалением прокладок и др.), заменой детали на новую или установкой ее в другое положение (таким образом, чтобы в соединении оказалась изношенная сторона).

Это самые простые способы, при которых восстанавливают лишь работоспособность соединений, а межремонтный ресурс не восстанавливают. Поэтому их применяют обычно при ТО и текущем ремонте [1].

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

Перестановка деталей в другое положение (позицию). Этот метод основан на использовании симметричного расположения одинаковых по всем параметрам поверхностей, но одна из них всегда или почти всегда оказывается нагруженной и поэтому изнашивается, а другая всегда или почти всегда работает вхолостую. Например, две эвольвентные поверхности зуба шестерни, две поверхности цевочного зацепления зуба ведущей звездочки, привод гусеничного полотна трактора, две одинаковые поверхности полевой доски корпуса плуга и т.п. Поэтому при ремонте допускаются перестановка справа налево и наоборот пары шестерня – зубчатое колесо конечной передачи гусеничного трактора, перестановка ведущих звездочек гусеничного полотна, поворот полевой доски другой стороной [2].

Метод восстановления посадки соединения постановкой дополнительных деталей. Этот метод – разновидность метода ремонтных размеров. При восстановлении посадок постановкой дополнительных деталей изношенную поверхность детали обрабатывают и устанавливают на нее с натягом специально изготовленную дополнительную деталь, которая компенсирует износ поверхности. Часто дополнительную деталь крепят сваркой, винтами и штифтами, постановкой на клей. После закрепления ее обычно обрабатывают до нужного размера. Таким способом восстанавливают, например, посадочные отверстия под подшипники в корпусных деталях. Этот способ восстановления посадок прост, обеспечивает хорошее качество ремонта, но требует дополнительных материальных и трудовых затрат [1].

При ремонте посадок восстановлением размеров сопряженных деталей диаметры изношенных валов увеличивают, а отверстий – уменьшают нанесением какого-либо покрытия, а затем обрабатывают их до чертежных размеров. Это самый лучший способ, так как он позволяет восстанавливать геометрию поверхностей деталей, посадку и ресурс соединения. Разработаны способы, позволяющие не только восстанавливать, но и увеличивать ресурс (износостойкость) деталей [2].



## Вопросы для самоконтроля

- 1) Восстановление посадок регулировкой.
- 2) Восстановление посадок перестановкой деталей в другое положение.
- 3) Метод восстановления посадки соединения постановкой дополнительных деталей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 12

### КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

По степени теплового воздействия на деталь в процессе восстановления можно выделить следующие три способа:

- восстановление, при котором происходит перевод поверхностного слоя детали в зоне соединения в жидкую фазу без применения давления. К этому способу относятся все методы восстановления на основе сварки плавлением и заливки жидким металлом;
- восстановление, при котором один или два соединяемых металла (поверхностный слой детали, присадочный материал) остаются в твердой фазе. К этим методам относятся все способы газотермического напыления, пайки, сварки без расплавления;
- восстановление с использованием дополнительных элементов (вставок, стяжек, пластин и т.п.), химических и электрохимических методов, полимерных материалов [1].

Общим для способов слесарно-механической обработки является то, что износы поверхностей устраняют слесарной или механической обработкой с изменением их первоначальных размеров. При этом необходимую посадку обеспечивают применением сопряженной детали с измененными размерами или постановкой компенсатора износа (кольца, бандаж, свертные втулки, резьбовые спиральные вставки и т. д.). Иногда поверхность детали обрабатывают до придания ей правильной геометрической формы (диски нажимные, плоскости головок цилиндров и др.).

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

Технология восстановления деталей нанесением полимерных материалов отличается простотой и доступностью (применима даже в полевых условиях), низкой себестоимостью, высокой производительностью и хорошим качеством.

Ручная сварка и наплавка получили широкое применение из-за простоты и доступности. В то же время этот способ малопроизводителен, материалоемок, не всегда обеспечивает высокое качество.

Механизированные способы сварки и наплавки могут быть автоматическими и полуавтоматическими. Большинство этих способов обеспечивает высокие производительность и качество [1].

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 невосстанавливаемые поверхности, деформации деталей, значительные припуски на механическую обработку. Применение большинства из этих способов целесообразно для восстановления сильно изношенных деталей.

При газотермическом напылении расплавленный присадочный материал (проволока или порошок) с помощью сжатого воздуха распыляется и наносится на подготовленную поверхность детали. Способы напыления в зависимости от источника теплоты подразделяют на дуговые (теплота электрической дуги), газопламенные (теплота газового пламени) и т.д. Напылять можно металлы, полимеры и другие материалы. В случае напыления металла процесс называют металлизацией.

Большинство способов напыления обладают высокой производительностью, позволяют достаточно точно регулировать толщину покрытия и припуск на механическую обработку. Серьезный недостаток напыления – низкая сцепляемость покрытия с основой. Для ее повышения применяют нанесение специального подслоя, последующее оплавление и другие способы [1].

Гальванические покрытия основаны на явлении электролиза. Различаются они видом осаждаемого металла, родом используемого тока, способом осаждения и другими признаками. 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. Применяют их для восстановления мало изношенных деталей. Недостатки этого способа восстановления деталей – многооперационность, сложность и экологическая вредность технологии.

Термическую обработку применяют для упрочнения и восстановления физико-механических свойств деталей (упругости пружин и др.). При химико-термической обработке происходит диффузионное насыщение поверхности детали тугоплавкими металлами (хромом, титаном и др.) при некотором изменении размеров. Эти способы применяют для восстановления и повышения износостойкости малоизношенных деталей (плунжерные пары и др.) [2].

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Восстановление деталей пластическим деформированием.
- 2) Восстановление деталей ручной и механизированной сваркой и наплавкой.
- 3) Восстановление деталей напылением.
- 4) Восстановление деталей гальваническими покрытиями.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 13

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Восстановление деталей пластической деформацией основано на свойстве металла изменять форму и размеры детали без ее разрушения под действием внешней нагрузки. Способ основан на использовании пластических свойств металлов – стали различной твердости, цветных металлов и сплавов.

В процессе пластического деформирования происходит принудительное местное перераспределение металла самой детали, в результате чего на ее восстановление дополнительного металла не требуется.

Детали деформируют как в холодном, так и в нагретом состоянии.

В зависимости от направления действия внешней нагрузки различают следующие основные способы пластического деформирования – осадку, раздачу, обжатие, правку.

Осадку применяют для уменьшения внутреннего и увеличения наружного диаметров пустотелых и только лишь наружного диаметра сплошных деталей. Площадь поперечного сечения детали увеличивается, а высота (длина) уменьшается. При необходимости выполнения размерной (фиксированной) осадки ее выполняют в матрице [1].

Раздачу применяют для увеличения наружных размеров пустотелых деталей за счет увеличения их внутренних размеров. Она характеризуется совпадением направления деформирующей силы с направлением деформации. После раздачи наружный диаметр детали должен быть равен диаметру согласно чертежу с учетом припуска на последующую механическую обработку.

Обжатие применяют для уменьшения внутренних размеров пустотелых деталей за счет уменьшения наружных размеров. Направление деформирующей силы совпадает с направлением деформации [1].

Правку применяют при потере деталями своей первоначальной формы вследствие изгиба, скручивания, коробления. Правят распределительные валы, шатуны, балки мостов, детали рам, валы комбайнов, коленчатые валы двигателей.

Кроме названных ранее основных способов пластического деформирования можно применять высадку, растяжку, вытяжку и оттяжку деталей, вдавливание и накатку.

Высадка – разновидность осадки, используемая для увеличения площади поперечного сечения детали не по всей длине, а в ее средней или концевой части. В этом случае часть поверхности детали, которая будет подвергаться деформации, предварительно нагревают, т.е. нагреву подлежит только осаживаемая часть. Высадкой наиболее часто восстанавливают изношенные концевые шейки валов и осей.

При растяжке, т.е. увеличении длины детали за счет уменьшения площади поперечного сечения, направление деформирующей силы совпадает с направлением деформации, а при вытяжке – не совпадает. Этими способами увеличивают длину тяг, шатунов, рычагов, штанг и т.д.

Оттяжку применяют в основном для восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин (лап культиваторов, лемехов, зубьев борон и др.).

Вдавливание – перспективный способ пластического деформирования, способствующий увеличению наружных размеров детали за счет ее деформации на ограниченном участке. Особенность способа заключается в том, что деформирующая сила направлена под углом к направлению деформации. Применяют для

восстановления изношенных боковых поверхностей шлицев, шаровых пальцев, зубьев шестерен. Деформацию осуществляют, как правило, в горячем состоянии.

Накатку используют для восстановления посадочных мест под подшипники на валах и в корпусных деталях. Рабочим элементом служит ролик с шагом зубьев 1,5...1,8 мм, прижимаемый с усилием к поверхности изношенной детали. Для уменьшения усилия деформации деталь предварительно нагревают. Увеличение диаметра не должно превышать 0,4 мм, а уменьшение опорной поверхности — не более 50 %.

К разновидностям восстановления деталей пластическим деформированием относятся электромеханическая обработка и упрочнение деталей [2].

Электромеханическая обработка – это разновидность восстановления деталей пластическим деформированием, заключается в искусственном нагреве металла электрическим током в зоне деформации. Этот способ дает возможность обрабатывать закаленные детали и детали, восстановленные твердыми сплавами [1].

Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием. Сущность способа заключается в следующем. Под давлением деформирующего инструмента микровыступы (микронеровности) поверхности детали пластически деформируются (сминаются), заполняя микровпадины обрабатываемой поверхности, что способствует повышению твердости поверхностного слоя.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Восстановление деталей осадкой и раздачей.
- 2) Восстановление деталей высадкой и оттяжкой.
- 3) Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 14

### РУЧНЫЕ ДУГОВАЯ И ГАЗОВАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА

Сваркой называют 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.

Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: тепловое воздействие на металл в околошовных участках, плавление, металлургические процессы, кристаллизация металла шва и взаимная кристаллизация металлов в зоне сплавления.

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. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точек зрения.

По свариваемости стали подразделяют на четыре группы: первая – хорошо сваривающиеся стали; вторая – удовлетворительно сваривающиеся; третья – ограниченно сваривающиеся; четвертая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Ручная электродуговая сварка и наплавка [1].

При электродуговой сварке и наплавке источником теплоты является сварочная дуга – устойчивый электрический разряд в ионизированной смеси газов и паров материалов. Этот способ характеризуется ручным выполнением двух основных рабочих движений – подачи электрода и перемещения дуги относительно детали.

Дугу возбуждают двумя способами: прикосновением торца электрода к детали с последующим его отводом на расстояние 3...4 мм или быстрым боковым движением электрода также с последующим отводом. В процессе наплавки одновременно с подачей электрода (если он плавящийся) ему сообщают поступательное движение вдоль оси шва (валика) и, кроме того, поперечно-колебательное движение в случае необходимости получения уширенного валика.

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

Газовая сварка и наплавка [1].

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. Получают ацетилен из карбида кальция путем воздействия на последний водой.

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

Особенности сварки и наплавки деталей, изготовленных из чугуна и алюминия.

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

Свариваемость чугуна неудовлетворительна, что обусловлено его повышенной склонностью к образованию трещин из-за низкой прочности и пластичности металла. Трещины при сварке могут возникать в металле шва и зоне термического влияния при повышенных скоростях охлаждения в результате образования хрупкого белого чугуна и структур закалки.

На образование таких структур и трещин влияют термический цикл сварки (технология сварки), химический состав и структура свариваемого чугуна.

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

По состоянию свариваемой детали различают три способа сварки чугуна: холодную, полугорячую и горячую. Холодную сварку выполняют без подогрева свариваемых деталей, полугорячую – при полном или местном подогреве, горячую – при полном нагреве.

Особенности сварки и наплавки деталей, изготовленных из алюминия [2].

Технически чистый алюминий в технике имеет сравнительно ограниченное применение вследствие низкой прочности и высокой пластичности. большей частью в технике применяют сплавы алюминия – дюралюмины и силумины.

Основные затруднения при сварке алюминия и его сплавов следующие:

- на поверхности расплавленного металла постоянно образуется тугоплавкая пленка оксида алюминия, препятствующая сплавлению между собой частиц металла;
- высокая температура плавления оксида алюминия и низкая температура плавления алюминия крайне затрудняют управление процессом сварки.

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

- неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона (аргонодуговая сварка);
- электродами ОЗА-2 (сплава алюминия) и ОЗА-1 (технического алюминия) на постоянном токе обратной полярности, короткой дугой (электродуговая сварка);
- ацетилено-кислородным нейтральным пламенем (газовая сварка) с использованием флюса АФ-4А.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Понятия сварка, процесс сварки, наплавка, свариваемость металла.
- 2) Ручная дуговая и газовая сварка.
- 3) Особенности сварки и наплавки деталей, изготовленных из чугуна и алюминия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.

## Лекция 15

### МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ СВАРКИ И НАПЛАВКИ. НАПЛАВКА ПОД ФЛЮСОМ. НАПЛАВКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ.

Наплавка под флюсом [1].

Сущность процесса заключается в том, что в зону горения электрической дуги автоматически подается сухой гранулированный флюс с размерами зерен 0,5...3,5 мм и электродная сплошная или порошковая проволока (лента).

Химический состав электродной проволоки и флюса, а также режимы наплавки определяют механические свойства получаемого покрытия. Флюс при наплавке выполняет следующие функции: устойчивое горение 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; формирование поверхности шва.

В зоне наплавки сварочная дуга с каплями металла оказывается в объеме газов и паров, ограниченном жидкой оболочкой расплавленного флюса. Последний 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.

По мере удаления сварочной дуги после затвердевания металла образуется наплавленный валик, покрытый шлаковой коркой и не расплавившимся флюсом. Металл сварочного шва, полученного под флюсом, состоит из расплавленного присадочного и переплавленного основного металла.

Наплавка в среде защитных газов [1].

Этот способ целесообразно применять в тех случаях, когда невозможна или затруднена наплавка под флюсом, например при наплавке внутренних поверхностей глубоких отверстий; при наплавке деталей сложной формы; при многослойной наплавке сплавов с высоким содержанием примесей, ухудшающих отделимость шлаковой корки; при наплавке мелких деталей.

Сущность способа наплавки заключается в том, что электродная проволока из кассеты непрерывно подается в зону сварки. Ток к электродной проволоке подводится через мундштук и наконечник, расположенные внутри газозлектрической горелки. При наплавке металл электрода и детали перемешивается. В зону горения дуги под давлением 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 (углекислый газ, азот, водород, водяной пар и их смеси) и смеси инертных и активных газов [2].

Наилучшую защиту металла при наплавке обеспечивают инертные газы, однако их применение ограничивается высокой стоимостью. Для защиты сварочной ванны при наплавке в инертных газах в основном применяют аргон и реже гелий.

Наибольшее применение в ремонтном производстве получила наплавка в среде углекислого газа вследствие его доступности и низкой стоимости.

### Вопросы для самоконтроля



- 1) Сущность, достоинства и недостатки автоматической наплавки под слоем флюса.
- 2) Сущность, достоинства и недостатки автоматической наплавки в среде защитных газов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 16

### **МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ СВАРКИ И НАПЛАВКИ. ВИБРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА. ЭЛЕКТРОКОНТАКТНАЯ НАПЛАВКА.**

Вибродуговая наплавка [1].

Сущность способа вибродуговой наплавки деталей состоит в том, что электродная проволока подается из кассеты к наплавляемой поверхности специальным механизмом, который одновременно с подачей проволоки вниз, к детали, придает ей колебательные движения с определенной частотой и амплитудой.

К детали и электродной проволоке подводится ток 80...300 А при напряжении 12...20 В. В место соприкосновения проволоки с деталью подаются охлаждающая жидкость, защитный газ или флюс. Процесс может вестись и без защиты дуги.

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).

При периодическом замыкании электродной проволоки и детали происходит перенос металла с электрода на деталь. Вибрация электрода во время наплавки обеспечивает стабильность процесса за счет частых возбуждений дуговых разрядов и способствует подаче электродной проволоки небольшими порциями, что обеспечивает лучшее формирование наплавленных валиков.

Качество соединения наплавленного металла с основным зависит от полярности тока, шага наплавки (подача суппорта станка на один оборот детали), угла подвода электрода к детали, качества очистки и подготовки поверхности, подлежащей наплавлению, толщины слоя наплавки и др.

Электроконтактная приварка металлического слоя [1].

Сущность процесса заключается в точечной приварке к наружной поверхности детали металлического порошка, проволоки или ленты в результате воздействия мощных импульсов тока с приложением давления.

Металл детали и слоя расплавляется в результате прохождения тока не по всей толщине покрытия, а только в точках контакта материала. Способ реализуют на установках путем совместного деформирования наносимого металла и поверхностного слоя детали, нагретых в очагах пластического деформирования короткими импульсами тока.

Деформирующее усилие составляет 1000...1600 Н. Слои приваривают ко всей поверхности детали перекрывающимися точками, которые располагают по винтовой линии. При электроконтактной приварке материал детали прогревается на малую глубину, что обеспечивает неизменность его химического состава и исключает применение флюсов и защитных газов [2].

Среди способов приварки широкое распространение получила электроконтактная приварка ленты. Ленту приваривают в сварной точке, полученной от действия импульса тока, в которой расплавляются металлы ленты и детали. Металл ленты расплавляется не по всей ее толщине, а лишь в тонком поверхностном слое, в месте контакта ее с деталью. Полностью лента не расплавляется. Сплошная приварка слоя происходит в результате воздействия сварочных импульсов, образующих сварочные точки, которые располагаются по винтовой линии, частично перекрывая друг друга как вдоль рядов, так и между ними. Это достигается вращением детали со скоростью, пропорциональной частоте импульса, и продольным перемещением сварочных

электродов. Чтобы исключить нагрев детали и закалить приваренный слой, в зону сварки подают охлаждающую жидкость.

Твердость, износостойкость и прочность сцепления ленты с деталью зависят от марки стали ленты. Высокую твердость обеспечивают ленты из хромистых и марганцевых сталей [2].

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Сущность, достоинства и недостатки вибродуговой наплавки.
- 2) Сущность, достоинства и недостатки электроконтактной наплавки.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 17

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

Металлизация – процесс в котором металл, расплавленный каким-либо источником тепла, распыляется сжатым воздухом или другим, преимущественно инертным газом на мельчайшие частицы и наносится на поверхность детали. При этом способе деталь покрывают слоем напыленного металла толщиной от 20 мкм до 10 мм [1].

Физическая сущность металлизации состоит в следующем: частицы расплавленного металла, увлекаются сжатым воздухом, с большой скоростью (150...300 м/с). Пролетая расстояние от места плавления до детали, успевают остыть и из жидкого состояния переходят в твердое. При ударе о специально подготовленную поверхность детали частицы расплющиваются, заклиниваются и заполняют ее микро- и макронеровности. Частица, имевшая сначала шарообразную форму, при ударе о поверхность приобретает форму тонкого диска с разорванными краями. Разорванные края частиц переплетаются и тем самым соединяются между собой. С увеличением скорости частиц, а, следовательно, с возрастанием силы удара их сцепление с поверхностью и между собой улучшается. Несмотря на то, что температура частиц достаточно высока, средняя температура потока, состоящего из небольшого объема частиц металла и большого объема воздуха, относительно низка. В процессе полета частицы подвергаются окислению. Однако наибольшая степень окисления происходит в период, непосредственно следующий за ударом, так как при неподвижном состоянии частица интенсивно омывается струей воздуха.

Электродуговая металлизация [1].

При расплавлении металла с помощью электрической дуги используются два или три электрода в виде проволок из напыляемого металла. Проволоки, находящиеся под напряжением, при помощи механизма непрерывно подаются по направляющим наконечникам. В точке их сближения возникает электрическая дуга, расплавляющая металл. В зону дуги подается сжатый воздух (инертный газ) под давлением. Под действием сжатого воздуха расплавленный металл распыляется на частицы и со скоростью до 300 м/с наносится на поверхность детали.

Газовая металлизация [1].

Газопламенный метод отличается от электродугового способом плавления напыляемого материала. Газовое пламя получают посредством сгорания горючих газов в кислороде или воздухе. После смесительной камеры горючая смесь подается по периферии сопла. На выходе из него смесь поджигается и образует факел газового пламени. Центральная часть предназначена для подачи в сформированную газопламенную струю распыляемого материала в виде порошка или проволоки.

Порошковая струя окружена кольцом пламени. При перемешивании струй пламени и газопорошковой взвеси происходит теплообмен. Частицы нагреваются до температуры плавления и переносятся на подложку.

При напылении проволокой концентрично газовому пламени располагается воздушный поток, окружающий пламя со всех сторон и изолирующей его от окружающей среды. Конец проволоки плавится в газовом пламени и расплавленный металл увлекается потоком сгоревших газов. Попадая в воздушную струю, жидкий металл дробится на мелкие брызги и приобретает значительную скорость. При ударе о металлизированную поверхность металлические частицы налипают на нее и образуют покрытие.

Напыляемые частицы взаимодействуют с газовой фазой сложного состава, состоящей из горючих газов, продуктов их сгорания и диссоциации кислорода и азота. Окислительно-восстановительный потенциал на начальном участке струи легко регулируется изменением соотношения между горючим газом и кислородом. Условно можно выделить три режима образования пламени: нейтральное, окислительное и восстановительное.

Плазменная металлизация [2].

Плазменная металлизация основана на способности газов переходить при определенных условиях в состояние плазмы. Плазма представляет собой сильно ионизированный и раскаленный газ. Плазма характеризуется повышенной электропроводностью и легко поддается непрерывно протекающим процессам ионизации, который и создает высокую проводимость.

Для образования плазмы чаще всего применяется аргон, дающий наиболее высокую температуру плазмы при наименьшем напряжении дуги по сравнению с азотом и водородом [2].

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Физическая сущность металлизации.
- 2) Сущность электродуговой металлизации.
- 3) Сущность газовой металлизации.
- 4) Сущность плазменной металлизации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 18

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НАНЕСЕНИЕМ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Железнение [1].

Наиболее широкое применение железные покрытия получили для восстановления размеров изношенных деталей машин, автомобилей, тракторов, ДВС. Такие покрытия характеризуются сравнительно высокой твердостью и дешевизной.

Химический состав гальванического покрытия железа зависит от состава исходных материалов, применяемых при электролизе. В обычных условиях электролиза с применением растворимых анодов железо осаждается с большим количеством примесей и по химическому составу напоминает малоуглеродистую сталь.

Основные физико-механические и связанные с ними эксплуатационные свойства железных покрытий (структура, твердость, пластичность, внешний вид, износостойкость и др.) изменяются в широких пределах в зависимости от условий электролиза. Износостойкость деталей, восстановленных твердым (4000 ... 6000 МПа) электролитическим железом, не уступает износостойкости новых деталей. Во влажной атмосфере электролитическое железо подвергается коррозии, но меньше, чем сталь.

Таким образом, твердое электролитическое железо по химическому составу напоминает малоуглеродистую, а по некоторым свойствам (твердость, прочность, износостойкость, коррозионная стойкость) — среднеуглеродистую сталь. Поэтому процесс еще называют осталиванием.

Железнение обладает хорошими технико-экономическими показателями: исходные материалы и аноды являются дешевыми и недефицитными; высокий выход металла по току (85...95%); высокая производительность – скорость осаждения железа составляет 0,2...0,5 мм/ч; толщина твердого покрытия может достигать 2 мм; возможность в широких пределах регулировать свойства покрытий в зависимости от их назначения обуславливает универсальность процесса; достаточно высокая износостойкость твердых покрытий, приближающаяся к износостойкости закаленной стали.

Тем не менее, процесс железнения имеет существенные недостатки: сцепление металла детали с нанесенным металлом значительно хуже, чем при хромировании; низкая твердость нанесенного слоя, следовательно, детали машин, восстановленные таким способом, имеют низкую износостойкость.

Хромирование [1].

Электрохимический хром имеет цвет от матово-молочного до серебристо-блестящего. Покрытия хрома отличаются мелкозернистостью. Микротвердость хромовых покрытий в зависимости от условий электролиза колеблется от 4000 МПа до 12 000 МПа. Покрытия обладают низким коэффициентом трения и высокой сцепляемостью. Хром химически стоек против воздействия многих кислот и щелочей: он нерастворим в растворах азотной, серной и органических кислот, в щелочах и в растворах многих солей и органических веществ. В атмосферных условиях на поверхности хрома образуется прозрачная пассивная пленка, предохраняющая его от коррозии и длительное время сохраняющая его блеск. Осажденный на полированную поверхность хром имеет зеркальный блеск и серебристый с синеватым оттенком цвет. Хромовые покрытия жароустойчивы. Отражательная способность хромовых покрытий выше никелевых, но ниже серебряных.

Высокие твердость, жаростойкость, химическая стойкость и низкий коэффициент трения хрома обеспечивают хромированным деталям высокую износостойкость даже в тяжелых условиях эксплуатации, превышающую в 2...5 раз износостойкость закаленной стали.

К недостаткам хромовых покрытий относятся повышенные хрупкость, напряженность и пористость, снижающие на 30...40% их защитные свойства и предел выносливости хромированных деталей.

Высокие физико-химические и механические свойства хромовых покрытий обусловили широкое применение хромирования для следующих целей [2]:

- защитно-декоративное хромирование арматуры автомобилей, велосипедов, мотоциклов, вагонов и т. д.;
- увеличение отражательной способности при изготовлении зеркал, отражателей, рефлекторов;
- увеличение износостойкости и срока службы пресс-форм, штампов и матриц при изготовлении изделий из резины, пластмасс, кожи и стекла; измерительных и режущих инструментов, фильер для волочения металлов, трущихся поверхностей деталей машин (цилиндры двигателей, поршневые кольца, штоки гидроцилиндров, плунжеры топливных насосов);
- восстановление изношенных деталей автомобилей, тракторов, различного оборудования.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Сущность, область применения, достоинства и недостатки железнения.
- 2) Сущность, область применения, достоинства и недостатки хромирования.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 19

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Полимеры – химические соединения с высокой молекулярной массой, молекулы которых макромолекулы состоят из большого числа повторяющихся групп – мономерных звеньев.

В машиностроительном и ремонтном производствах используют в основном синтетические пластические массы и полимерные композиции. Их главной составной частью является полимер, соединяющий все остальные компоненты. В состав композиций также входят пластификаторы – вещества увеличивающие пластичность композиции, катализаторы – вещества ускоряющие процесс полимеризации, отвердители, красители и другие добавки.

К наиболее распространенным полимерным композициям относят эпоксидиановые или эпоксидные смолы, эластомеры, акриловые полимеры, анаэробные герметики, вулканизирующиеся герметики, высыхающие и не высыхающие герметики.

Область применения полимерных материалов: восстановление размеров изношенных деталей; заделка трещин и пробоев в корпусных деталях; склеивание деталей, приклеивание фрикционных накладок муфт сцепления и тормозных колодок, клейка стекол; герметизация сварных и заклепочных швов; изготовление деталей различного назначения; фиксация резьбовых соединений; защита деталей от коррозии; герметизация фланцевых соединений

Ремонт трещин и пробоев [1].

При дефектации блоков цилиндров двигателей одним из часто повторяющихся дефектов является трещины водяных рубашек. В связи с этим для уменьшения себестоимости ремонтных работ помимо заварки широко применяют полимерные композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-16.

Технологический процесс ремонта состоит из следующих операций: разделка трещины под углом  $70^\circ$ , глубиной до 3 мм и сверление по краям трещины отверстий диаметром 3 мм.; зачистка до металлического блеска поверхности вокруг трещины на расстоянии 40 мм от ее краев; двойное обезжиривание обработанной поверхности ацетоном с интервалом в 10...15 мин; нанесение эпоксидной композиции на горизонтально расположенную подготовленную трещину с помощью шпателя и валика; термообработка нанесенного покрытия.

Трещины от 20 мм до 150 мм заделывают с применением двухслойного покрытия армированного пропитанной тем же составом стеклотканью. Первый слой ткани должен перекрывать трещину со всех сторон на 20...25 мм, а второй тканевый слой должен перекрывать первый на 15 мм.

При ремонте трещин длиной более 150 мм на трещину после нанесения эпоксидного состава устанавливают металлическую накладку и фиксируют ее болтами. Накладку изготавливают из металла толщиной 0,8...2 мм и перед закреплением, как и площадь вокруг трещины зачищают до металлического блеска и обезжиривают.

При ремонте сквозных пробоев применяют либо наложение металлических накладок толщиной до 1,5 мм с перекрытием пробойны на величину до 20 мм, либо заполнение пробойны многослойным покрытием, состоящим из слоев эпоксидной композиции и стеклоткани, наружные слои которой должны перекрывать пробойну на 15...20 мм.



Создание новых и более ценных по своим свойствам синтетических полимеров, безусловно, ведет к модернизации как машиностроительного, так и ремонтного производства. В последнее время для восстановления неподвижных соединений стали применяться анаэробные герметики. Технология сходна с технологией восстановления эпоксидными смолами, однако в отличие от эпоксидных композиций анаэробные герметики готовы к применению и не требуют предварительного приготовления, а также показывают более высокие результаты в ходе эксплуатационных испытаний по многим параметрам [2].

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Полимерные материалы, применяемые при ремонте машин.
- 2) Технология ремонта пробоев в корпусных деталях полимерными материалами.
- 3) Технология заделки трещин полимерными материалами.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 20

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

В ремонтной практике широко применяют такие виды химико-термической обработки, как цементация, азотирование, цианирование, диффузионная металлизация.

Цементация стали – процесс насыщения поверхностного слоя углеродом при нагревании без доступа воздуха до температуры 900...950 °С в среде углерода или газов, содержащих углерод. Цементацию проводят для получения высокой твердости поверхностного слоя при условии сохранения мягкой и вязкой сердцевины, а также для повышения износостойкости и предела выносливости стальных деталей, что обеспечивается термической обработкой после цементации (закалкой и низким отпуском).

Обычно цементации подвергают низкоуглеродистые стали с содержанием углерода до 0,25 %, в результате чего твердость внутренних слоев детали после закалки не изменяется, а твердость поверхностного слоя повышается. Толщина цементированного слоя для деталей 0,5...2 мм, для измерительного инструмента – 0,3...1 мм. Различают цементацию твердым карбюризатором и газовую.

Более широко применяют цементацию в газовых средах как высокопроизводительный способ. В качестве карбюризатора используют, например, природные газы метан, пропан или бутан, которые при нагревании диссоциируют с выделением атомарного углерода [1].

При цементации твердым карбюризатором детали, насыщаемые углеродом, после предварительной очистки от ржавчины и жиров укладывают в металлические ящики и засыпают карбюризатором, состоящим в основном из древесного угля с добавлением углеродистого бария, соды, карбоната кальция и крахмала в количестве, составляющем 10...40 % массы угля. Крышку ящика для его герметизации обмазывают огнеупорной глиной. Продолжительность цементации в печи в зависимости от размеров ящика и числа загруженных деталей составляет 10...20 ч. После цементации детали в ящиках охлаждают вместе с печью или на воздухе, а затем подвергают закалке и низкому отпуску. Цементации подвергают зубчатые колеса, шейки валов, плунжеры насосов, червяки, звездочки и другие детали.

Азотирование стали – процесс насыщения поверхностного слоя стали азотом при нагревании ее в среде аммиака. Азотирование проводят для повышения твердости поверхностного слоя деталей, износо- и теплостойкости, а также коррозионной стойкости [2].

Азотированию подвергают детали, прошедшие термическую обработку (закалку с высоким отпуском) и обработку резанием. На неазотируемые участки наносят электролитическое покрытие оловом. Внутренние резьбы и отверстия защищают обмазками.

Детали укладывают равномерно в герметически закрытый муфель, который помещают в электропечь. В муфель из баллонов подается аммиак, который при нагревании разлагается, образуя атомарный азот [2].

Цианирование (нитроцементация) стали – процесс одновременного насыщения поверхности стальной детали азотом и углеродом. Цианированию подвергают детали из сталей, содержащих 0,2...0,4 % углерода, в твердых, жидких и газообразных средах. Твердое цианирование применяют крайне редко как менее эффективное по сравнению с жидким и газовым. Наиболее часто используют цианирование в жидкой среде.

Детали, прошедшие механическую обработку, погружают в специальную ванну с расплавом солей. В зависимости от необходимой толщины получаемого слоя детали нагревают до температуры 820...960 °С. Образующиеся при нагревании атомарный азот и углерод диффундируют в сталь, поверхность детали насыщается азотом (до 1...2 %) и углеродом (до 0,7 %). При температуре расплава 820...860 °С получают слой толщиной до 0,3 мм, при температуре расплава 930...960 °С – до 2 мм; продолжительность процесса 10...40 мин. После цианирования проводят закалку и низкий отпуск. Этот процесс называют высокотемпературным цианированием. Цианирование при температуре 550...600 °С по существу является азотированием в жидких средах, поскольку науглероживания, т.е. насыщения углеродом, не происходит. Этот процесс проводят в неразбавленных другими веществами расплавах цианистых солей. Высокотемпературное цианирование применяют для средне- и низкоуглеродистых сталей, низкотемпературное цианирование – для быстрорежущего инструмента. Глубина цианированного слоя зависит от времени выдержки [1].

Газовое цианирование (нитроцементацию) проводят в смеси науглероживающих и азотирующих газов. Детали нагревают до температуры 850...870 °С, длительность нитроцементации – 2...10 ч. После нитроцементации детали подвергают закалке и низкому отпуску.

Диффузионная металлизация – процесс насыщения поверхностей стальных деталей различными металлами. Наиболее часто применяют металлизацию алюминием (алитирование), хромом (хромирование), кремнием (силицирование) и бором (борирование). Одновременное насыщение поверхностей хромом и алюминием или хромом и вольфрамом называют хромо-алитированием, хромо-вольфрамиранием.

Процесс диффузии при металлизации происходит значительно медленнее, чем при других видах химико-термической обработки, поэтому получение даже очень тонких слоев протекает при высоких температурах и длительных выдержках.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Сущность и назначение цементации.
- 2) Сущность и назначение азотирования.
- 3) Сущность и назначение цианирования.
- 4) Сущность и назначение диффузионной металлизации.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 21

### БЕЗРАЗБОРНЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АГРЕГАТОВ

Детали подвижных соединений машин работают в условиях повышенных переменных нагрузок и скоростей, при значительных изменениях температур и в других специфических условиях. Для снижения трения и износа сопрягаемых поверхностей в основном применяли разнообразные специальные присадки к маслам, стабилизирующие вязкость и термическую стойкость смазочных материалов.

В последнее время все больший интерес представляют специальные составы, предназначенные для непосредственного изменения трибологических показателей поверхностей деталей в узлах трения машин, и прежде всего для уменьшения коэффициента трения и износа. Известны несколько способов повышения долговечности сопряжений:

- модификаторы трения (тифлон, дисульфид молибдена и др.), формирующие на поверхности трущихся деталей защитные пленки, обладающие легким сдвигом в плоскости скольжения, что снижает трение, но практически не защищает от изнашивания трущиеся пары;
- кондиционеры металла, которые воздействуют непосредственно на металл трущихся поверхностей, создавая защитный слой, снижающий трение и износ, защищающий от задигов. Кондиционеры металла типа ER (США) или ФЕНОМ (Россия) не восстанавливают изношенные поверхности пар трения, а формируют на поверхностях самовосстанавливающую пленку из чистого железа толщиной 250 мкм.

Однако наибольший интерес представляют ремонтно-восстановительные составы (РВС), компенсирующие увеличение зазоров в результате изнашивания. Известны композиции типа: медь-олово-серебро, медь-свинец-серебро (РиМет, ХАДО и др.) и один из перспективных – металлокерамический защитный слой по РВС-технологии. Препараты этого класса позволяют восстанавливать размеры изношенных деталей без разборки агрегата в режиме штатной эксплуатации.

Ремонтно-восстановительный состав представляет собой добавляемую в смазочный материал смесь минералов и специальных добавок-катализаторов, которые в смазочном материале не растворяются, в химические реакции с ним не вступают и из-за малой концентрации не меняют его вязкость.

Ремонтно-восстановительный состав, попадая со смазочным материалом в зоны контакта, наращивает на поверхностях, подверженных износу, металлокерамический защитный слой. При наращивании защитного слоя на поверхности детали сглаживается микрорельеф, уменьшаются зазоры в подвижных соединениях.

Толщина металлокерамического защитного слоя зависит от энергии, выделяемой при трении: после выравнивания микрорельефа поверхностей оптимизируются зазоры, уменьшается коэффициент трения, соответственно уменьшается тепловыделение и реакция образования защитного слоя останавливается.

Основное преимущество обработки по РВС-технологии в сравнении с традиционными способами ремонта восстановление механизма или узла в режиме штатной эксплуатации без выключения его из работы.

Основные показатели металлокерамического защитного слоя следующие:

- температура разрушения 1600 °С;
- коэффициент трения до 0,003;

- твердость до 65 HRC;
- диэлектрик (резкое уменьшение электроэрозионного износа);
- химически нейтрален.

Сфера применения РВС-технологии обширна. С ее помощью можно восстанавливать почти все виды оборудования различных отраслей сельского хозяйства: двигатели внутреннего сгорания; редукторы и открытые зубчатые передачи (коробки передач, раздаточные коробки, коробки отбора мощности); подшипники качения и скольжения; элементы гидросистем (гидронасосы, гидромоторы, гидроцилиндры); цепные передачи; компрессоры. При современной РВС-технологии увеличивается межремонтный период эксплуатации оборудования; уменьшается потребление топлива при эксплуатации машин; увеличивается срок работы смазочных материалов; сокращаются затраты на приобретение дорогостоящих запасных частей; имеется возможность замены дорогостоящих цветных металлов на чугун для некоторых пар трения. Особенно выгоден такой способ восстановления на оборудовании, демонтаж которого требует больших затрат времени и трудовых ресурсов; на уникальном оборудовании, где стоимость запасных частей очень высока; на оборудовании, работающем в особо тяжелых условиях, где быстро изнашиваются детали и необходима их частая замена.

Существуют ограничения на использование РВС-технологии:

- РВС «работает» только в тех парах трения металл-металл, где хотя бы одна из деталей в сопряжении изготовлена из черного металла;

РВС-технология не способна восстановить механизмы, имеющие аварийный износ или механические повреждения.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) За счет чего достигается экономический эффект при восстановлении деталей?
- 2) Какие задачи решаются при проектировании технологического процесса восстановления детали?
- 3) Подефектная и маршрутная технологии восстановления деталей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.  
Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 22

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Проведение ремонта машин или их сборочных единиц предполагает периодическую замену отдельных деталей за счет новых запасных частей или путем восстановления деталей, бывших в эксплуатации.

Практика показывает, что при изготовлении новых деталей к тракторам, автомобилям, сельскохозяйственным машинам расходы на материал составляют в среднем 70...75 % их полной себестоимости. При восстановлении деталей большинством известных способов расходы на ремонтные материалы не превышают 6...8 % себестоимости восстановления. Общие затраты на восстановление деталей нередко составляют не более 30...50 % цены новой детали при ресурсе восстановленной детали, близком к ресурсу новой детали.

Исследования выбракованных машин показывают, что число деталей, пригодных для эксплуатации без их ремонта, составляет в этих машинах около 45 %, подлежащих восстановлению – до 50 % и лишь 5...9 % изношенных деталей не подлежат восстановлению [1].

Таким образом, восстановление изношенных деталей может обеспечить значительный экономический эффект в процессе использования машин.

Изношенные поверхности деталей могут быть восстановлены, как правило, несколькими способами. Для обеспечения наилучших экономических показателей в каждом конкретном случае в зависимости от конструктивных особенностей детали, масштабов производства необходимо выбрать из числа возможных наиболее рациональный способ, который обеспечивал бы наилучшие технико-экономические показатели.

Проектирование технологического процесса восстановления детали связано с решением следующих задач: определение коэффициентов повторяемости дефектов детали; выбор оптимального способа восстановления каждой изношенной поверхности детали; выбор оптимального сочетания способов восстановления детали в целом, т.е. по всему сочетанию дефектов; разработка технологических маршрутов восстановления детали применительно к специализированному производству; определение экономической целесообразности восстановления детали с тем или иным сочетанием дефектов, исходя из запланированного уровня рентабельности производства и коэффициента долговечности восстановленной детали.

В зависимости от масштаба производства (единичное, мелкосерийное, серийное, массовое) восстановление деталей может быть организовано по подефектной или маршрутной технологиям.

Подефектная технология характеризуется тем, что изношенные детали формируют в небольшие партии для устранения каждого отдельного дефекта. После устранения дефекта эта партия распадается. Такая форма организации имеет ряд существенных недостатков, и ее применяют только на предприятиях с небольшими объемами восстановления [2].

Маршрутная технология характеризуется тем, что партия деталей, скомплектованная для определенного технологического маршрута, не распадается в процессе ее восстановления, а сохраняется от начала и до конца маршрута.

В общем случае число технологических маршрутов восстановления может изменяться от одного, когда все изношенные детали с любым сочетанием дефектов объединяют в единый маршрут, до числа сочетаний дефектов, когда детали с каждым отдельным сочетанием дефектов формируют в отдельный маршрут.

Изменение числа технологических маршрутов восстановления в значительной мере влияет на эффективность производства [1].

Увеличение числа маршрутов требует увеличения площадей для хранения деталей, ожидающих ремонта, так как одновременно будет формироваться столько партий деталей, сколько принято технологических маршрутов, а также увеличения затрат, связанных с усложнением организации и управления производством.

Уменьшение числа маршрутов, наоборот, сокращает время на комплектование производственной партии деталей, а, следовательно, снижает потребности в производственных площадях, но в этом случае в каждый технологический маршрут объединяют детали с различными сочетаниями дефектов, а это значит, что в маршрут включаются детали как бы с «несуществующими» дефектами.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 4) За счет чего достигается экономический эффект при восстановлении деталей?
- 5) Какие задачи решаются при проектировании технологического процесса восстановления детали?
- 6) Подефектная и маршрутная технологии восстановления деталей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

3. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
4. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

2. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
3. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## Лекция 23

### ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Технологическая документация на восстановление детали включает:

- ремонтный чертеж детали (РЧ);
- маршрутную карту восстановления детали (МК);
- операционные карты восстановления детали (ОК);
- карты эскизов (КЭ) к операционным картам.

Ремонтные чертежи выполняют в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД с учетом правил, предусмотренных ГОСТ 2.604 «Чертежи ремонтные».

Исходные данные для разработки ремонтного чертежа:

- рабочий чертеж детали;
- технические требования на новую деталь;
- технические требования на дефектацию детали;
- технические требования на восстановленную деталь.

Основные требования при выполнении ремонтных чертежей следующие:

- места, подлежащие восстановлению, выделяют сплошной основной линией толщиной  $(2...3) s$ , остальную часть изображения – сплошной линией толщиной  $s$ . Обозначение ремонтного чертежа получают, добавляя к обозначению детали букву Р (ремонтный);

- на чертежах деталей, восстанавливаемых сваркой, наплавкой, нанесением металлопокрытий, резьбовыми вставками и т.п., рекомендуют выполнять эскиз подготовки соответствующего участка детали к восстановлению;

- при применении наплавки, пайки и т.п. на ремонтном чертеже указывают наименование, марку материала, используемого при восстановлении, а также номер стандарта на этот материал [1].

Ремонтный чертеж включает [2]:

1. Чертеж детали с указанием дефектов и размерно-точностных параметров восстанавливаемых поверхностей.

2. Наименования дефектов и коэффициенты их повторяемости.

3. Технические требования на восстановление детали.

4. Схемы базирования детали при восстановлении и механической обработке.

5. Основной и дополнительный способы устранения дефектов.

6. Технологический маршрут восстановления.

В маршрутной карте указывают [2]:

1. Названия всех операций по очередности их выполнения (очистная, дефектовочная, наплавочная и т.д.); операции нумеруют цифрами, кратными 5 (005, 010, 015 и т.д.);

2. Оборудование для выполнения каждой операции.

3. Наименование и характеристику материала, используемого для выполнения каждой операции.

4. Штучное время на выполнение каждой операции.

При установлении последовательности выполнения операций необходимо исходить из следующих положений:

- тепловые операции (кузнечные, сварочные, наплавочные и т. д.) выполняют в



первую очередь, так как при этом вследствие остаточных внутренних напряжений возникает деформация деталей;

- операции, при выполнении которых снимают металл большой толщины, также выполняют в числе первых, так как при этом выявляются возможные внутренние дефекты;

- если при восстановлении детали применяют термическую обработку, то операции выполняют в такой последовательности: черновая механическая, термическая, чистовая механическая;

- совмещать черновые и чистовые операции не рекомендуется, так как они выполняются с различной точностью;

- в последнюю очередь выполняют чистовые операции.

Если у детали изношены установочные базы, то их восстанавливают в первую очередь.

Операционные карты предназначены для описания технологических операций с указанием переходов, режимов обработки, данных о средствах технологического оснащения, норм штучного времени выполнения операции и переходов.

В операционных картах после наименования операции (перехода) указывают технические требования, относящиеся к выполняемой операции (переходу). Номера переходов в операционных картах обозначают арабскими цифрами в технологической последовательности.

Записывают переходы кратко с указанием метода обработки, выраженной глаголом в повелительном наклонении или в форме прилагательного по названию оборудования и поверхности [1].

Карты эскизов выполняют для каждой операции. В них отражают следующую информацию: эскиз детали, схему базирования при выполнении данной операции, размеры поверхности или другие характеристики, получаемые при выполнении данной операции.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1) Что собой представляет комплект технологической документации на восстановление?
- 2) Основные требования при выполнении ремонтных чертежей.
- 3) Какие данные указываются в маршрутных картах?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### *Основная*

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

#### *Дополнительная*

1. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.  
Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология ремонта машин/Под ред. Е.А. Пучина.–М.: Колос, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
3. Надежность и ремонт машин. /В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.Л. Ачкасов и др. / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000.
4. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. –М.: ГОСНИТИ, 2003.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Лекция 1.</b> Теоретические основы ремонта машин.....	4
<b>Лекция 2.</b> Производственный процесс ремонта машин.....	5
<b>Лекция 3.</b> Очистка объектов ремонта.....	7
<b>Лекция 4.</b> Разборка машин и агрегатов.....	9
<b>Лекция 5.</b> Дефектация деталей .....	11
<b>Лекция 6.</b> Комплектация деталей .....	13
<b>Лекция 7.</b> Балансировка деталей и сборочных единиц .....	15
<b>Лекция 8.</b> Сборка, обкатка и испытание объектов ремонта .....	17
<b>Лекция 9.</b> Окраска машин .....	20
<b>Лекция 10.</b> Общие сведения и понятия о восстановлении изношенных деталей .....	21
<b>Лекция 11.</b> Методы восстановления посадок сопряжений деталей .....	23
<b>Лекция 12.</b> Классификация способов восстановления деталей.....	25
<b>Лекция 13.</b> Восстановление и упрочнение деталей пластической деформацией.....	27
<b>Лекция 14.</b> Ручные дуговая и газовая сварка и наплавка.....	29
<b>Лекция 15.</b> Механизированные способы сварки и наплавки. Наплавка под флюсом. Наплавка в среде защитных газов.....	31
<b>Лекция 16.</b> Механизированные способы сварки и наплавки. Вибродуговая наплавка. Электроконтактная наплавка.....	33
<b>Лекция 17.</b> Восстановление деталей газотермическим напылением.....	35
<b>Лекция 18.</b> Восстановление деталей нанесением гальванических покрытий.....	37
<b>Лекция 19.</b> Восстановление деталей и сборочных единиц с помощью полимерных материалов.....	39
<b>Лекция 20.</b> Восстановление деталей химико-термической обработкой.....	42
<b>Лекция 21.</b> Безразборные методы восстановления соединений агрегатов.....	44
<b>Лекция 22.</b> Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей.....	46
<b>Лекция 23.</b> Оформление технологической документации на восстановление деталей .....	48
<b>Библиографический список</b> .....	50
<b>Содержание</b> .....	51