

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Технологии материалов, надежности,
ремонта машин и оборудования

Кузюр В.М.

НАДЕЖНОСТЬ И РЕМОНТ МАШИН (РАЗДЕЛ 2)

*Курс лекций для студентов, обучающихся по
направлению подготовки 35.03.06. «Агроинженерия»
профиль «Технические системы в агробизнесе»*

Брянская область
2017

УДК 631.3-192(07)
ББК 30.14
К 89

Кузюр В.М. **Надежность и ремонт машин (раздел 2):** курс лекций для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06. «Агроинженерия» профиль «Технические системы в агробизнесе» / В.М. Кузюр.- Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2017. – 312 с.

В конспекте лекций содержатся сведения по содержанию и основным задачам дисциплины, по проектировании технологических процессов ремонта и восстановления изношенных деталей, сборочных единиц машин и оборудования, определение оптимальных режимов выполнения производственных процессов, управления качеством ремонта машин и оборудования, вопросы по основам проектирования и реконструкции ремонтно-обслуживающих предприятий АПК.

Рецензент: кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой Технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве Гринь А.М.

Методическое указание рассмотрено и рекомендовано к изданию методическим советом инженерно-технологического института, протокол № 7 от 22 мая 2017 года.

© Брянский ГАУ, 2017
© Кузюр В.М., 2017

Лекция 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ПОДГОТОВКА И СДАЧА МАШИН В РЕМОНТ

1. Основные понятия и определения.
2. Технологический процесс.
3. Подготовка техники перед сдачей в ремонт.
4. Технические требования и документация.

Основные понятия и определения

Ремонт тракторов и автомобилей состоит из комплекса работ по устранению неисправностей путем восстановления или замены деталей узлов и агрегатов. В соответствии с назначением и характером выполняемых работ установлены 2 основные группы ремонтов: а) эксплуатационные (гаражные) и б) капитальные. Эксплуатационные ремонты подразделяются на текущий ремонт автомобиля и текущий ремонт двигателя. Капитальный ремонт подразделяется на капитальный ремонт автомобиля и капитальный ремонт агрегата.

Текущий ремонт автомобиля включает разборочно-сборочные, сварочные, кузовные, электротехнические, слесарно-механические и другие работы, необходимые для устранения отдельных неисправностей, со снятием или без снятия агрегата с автомобиля. Потребность в текущем ремонте выявляется при контрольно-осмотровых работах технического обслуживания и в процессе эксплуатации автомобиля.

Капитальный ремонт автомобиля предназначен для восстановления его технического состояния, обеспечивающего срок службы автомобиля па весь период установленного межремонтного пробега. При капитальном ремонте автомобиля производится полная его разборка на агрегаты, узлы и детали, контрольная проверка и сортировка деталей на годные, требующие ремонта и негодные. Рама автомобиля переклепывается, комплектуются все узлы и агрегаты, производятся их сборка, испытание и регулировка. Испытанные агрегаты собираются на раме, после чего автомобиль подвергается испытанию пробегом. Все неисправности, выявленные при испытании авто-

мобиля, устраняются, и автомобиль окрашивают.

При изготовлении деталей машиностроительные предприятия используют заготовки, получаемые литьем, ковкой, штамповкой и т.д. Стоимость материалов и заготовительных работ при производстве машин составляет около 75% затрат на их изготовление. При восстановлении же деталей в качестве заготовок применяют изношенные детали. В связи с этим отпадают затраты на литье, ковку, штамповку и частично на механическую обработку. При восстановлении деталей затраты на материалы и заготовительные работы фактически отсутствуют, так как роль заготовок выполняют изношенные детали.

Износы же большинства деталей машин измеряются десятыми или сотыми долями миллиметра, и их восстановление сводится к нанесению тонкого поверхностного слоя или заключительным операциям механической обработки. Стоимость же восстановления изношенных деталей обычно не превышает 50...60% стоимости запасных частей.

Восстановление деталей способствует сохранению природных ресурсов и снижению загрязнения окружающей среды.

Производственный процесс ремонта машин — это совокупность действий людей и орудий производства, выполняемых в определенной последовательности и обеспечивающих восстановление работоспособности, исправности и полного (или близко к полному) ресурса изделия.

Производственный процесс включает в себя ряд технологических процессов.

Технологический процесс — это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по последовательному изменению состояния объекта ремонта или его составных частей при восстановлении их работоспособности, исправности и ресурса.

Технологический процесс капитального ремонта машин (рис. 2.1) включает в себя все элементы машиностроительного производства (изготовление деталей, сборку, обкатку, испытание и окраску) и дополнительно специфические элементы (приемку машин в ремонт, очистку, разборку, дефектацию и комплектацию). Ремонтное производство по числу входя-

щих в него элементов превосходит машиностроительное. Единственный источник экономии при капитальном ремонте машин по сравнению с их изготовлением — использование годных для дальнейшей эксплуатации деталей и их восстановление.

Износы же большинства деталей машин измеряются десятками или сотыми долями миллиметра, и их восстановление сводится к нанесению тонкого поверхностного слоя или заключительным операциям механической обработки. Стоимость же восстановления изношенных деталей обычно не превышает 50...60% стоимости запасных частей.

Восстановление деталей способствует сохранению природных ресурсов и снижению загрязнения окружающей среды.

Технологическое оборудование — орудия производства, предназначенные для выполнения определенной части технологического процесса путем размещения объектов ремонта, средств воздействия на них, технологической оснастки и при необходимости источника энергии с целью придания заданных свойств объекту. К технологическому оборудованию относят металлорежущие станки, сварочные и наплавочные установки, нагревательные печи, испытательные стенды и др.

Технологическая оснастка — совокупность приспособлений для установки и закрепления заготовок, деталей и инструментов, выполнения разборочных и сборочных операций, а также для транспортировки заготовок, деталей или изделий.

Приспособление — технологическая оснастка, предназначенная для закрепления объекта ремонта или инструмента при выполнении технологической операции. К приспособлениям относят патроны, зажимы, люнеты и т.п.

Инструмент — технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на объект ремонта с целью изменения его состояния.

Различают режущие (резцы, сверла, метчики и т.д.) и измерительные (штангенциркули, микрометры, индикаторы, скобы, пробки и т.п.) инструменты.

Подъемно-транспортные работы составляют важную часть выполнения как отдельного технологического процесса,

так и производственного процесса в целом. От их оснащения соответствующими средствами в значительной степени зависят производительность труда рабочих, уровень механизации работ, структура участков и качество ремонта.

Подъемно-транспортные средства делят на два типа: прерывного и непрерывного действия. К первому относят электро- и автопогрузчики, кран-балки, монорельсы, консольно-поворотные краны, подъемники и т.д., а ко второму — различные конвейеры, рольганги, скаты, лотки и т.п.

Технологический процесс состоит из отдельных операций, которые, в свою очередь, делят на установки, позиции, переходы, проходы и приемы.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и включающая в себя все последовательные действия рабочего (группы рабочих) и оборудования по обработке детали (или несколько одновременно обрабатываемых деталей), сборке (разборке) сборочной единицы, агрегата или машины.

Установ — это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой детали, разбираемой или собираемой сборочной единицы.

Так, например, напрессовка подшипника под прессом на один конец вала — первый установ, а напрессовка подшипника под прессом на другой конец вала — второй. (Установы обозначают прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т.д.).

Позиция — это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой деталью или сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, которую выполняют одним или несколькими рабочими одновременно без смены инструмента, неизменности установки объекта ремонта, обрабатываемой поверхности (поверхностей) и режима работы оборудования. Изменение только одного из перечисленных элементов определяет новый переход. Переходы нумеруют числами 1, 2, 3, 4 и т.д.

Переход состоит из проходов. Под *проходом* понимают часть перехода, охватывающего все действия, связанные со снятием одного слоя металла при неизменности инструмента (инструментов), поверхности (поверхностей) обработки и режима работы станка. Так, на токарном станке проходом называется непрерывное снятие резцом одного слоя металла.

Прием — совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением, например постановка и снятие детали, пуск станка или оборудования, переключение скоростей и т.п. Понятие «прием» используют при техническом нормировании.

Технологический процесс

Структура технологического процесса. Степень его расчлененности во многом зависит от конструкции машины и программы ремонтно-обслуживающего предприятия. Если программа велика, то она состоит из большого числа технологических процессов и включает в себя много рабочих мест, и наоборот. Кроме того, если машину можно расчленить на легко отделяемые агрегаты (двигатель, коробку передач, передний и задний мосты, рулевое управление, кабину и др.), то процесс делят на большое число отдельных технологических процессов и их выполняют параллельно.

Правильно расчлененный технологический процесс ремонта той или иной машины или агрегата имеет очень важное значение для рациональной организации процесса ремонта, снижения его себестоимости и оснащения рабочих мест высокопроизводительными технологическим оборудованием и оснасткой.

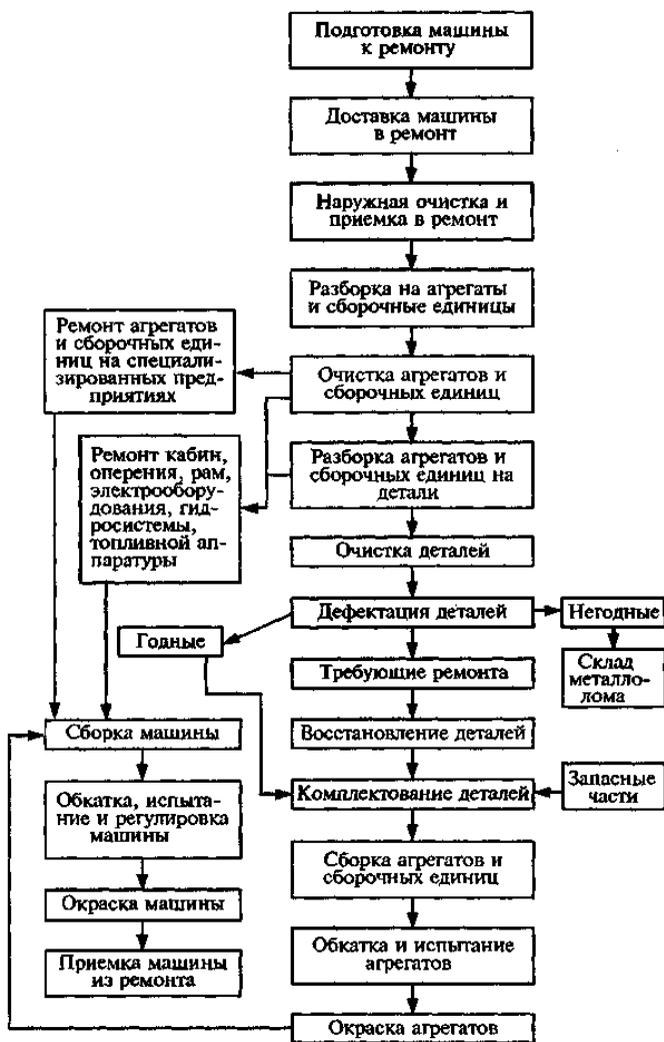


Рис 1.1 Технологический процесс капитального ремонта машин

Подготовка техники перед сдачей в ремонт

Подготовка машины к ремонту. В подготовку входят промывка системы охлаждения и наружная очистка машины.

Промывка системы охлаждения служит для удаления загрязнений из системы водяного охлаждения, что позволяет восстановить эффективность ее работы и сократить производительный расход топливосмазочных материалов. К наиболее распространенным способам удаления накипи относят очистку щелочными или кислыми моющими растворами. Для этого систему охлаждения заполняют щелочным или кислым раствором, который способствует разложению грязевых отложений и ржавчины.

Специалисты рекомендуют промывать систему охлаждения один раз в два года, при этом производя полную замену охлаждающей жидкости. Это необходимо делать потому, что химические вещества, входящие в состав антифриза в течение длительной эксплуатации теряют свою первоначальную эффективность, кроме того, в системе охлаждения может накапливаться грязь и ржавчина, уменьшающая эффективность циркулирования антифриза в системе, что в свою очередь ухудшит охлаждение двигателя.

Перед промывкой системы охлаждения нужно вначале слить старый антифриз.

После того, как старый антифриз был удален из системы охлаждения, её нужно промыть специальной промывочной жидкостью. Кстати, если слитый антифриз чистый, то промывать систему специальным промывочным средством вовсе не обязательно, достаточно залить в радиатор чистую воду (лучше дистиллированную), запустить двигатель, дать ему поработать 10-15 минут, потом слить воду и вместо неё залить новый антифриз. При необходимости промывку водой можно повторить несколько раз. Если же состояние системы охлаждения таково, что без «химии». Мировые бренды выпускающие средства для очистки системы охлаждения— LIQUI MOLY ОЧИСТИТЕЛЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ, LAVR ОЧИСТИТЕЛЬ СЛОЖНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ.

После использования промывочного средства, систему нужно промыть чистой водой не менее пяти раз, и уже потом заполнять систему новым антифризом. Если этого не сделать, то остатки средства могут стать причиной образования коррозии в радиаторе.

Наружная очистка — весьма трудоемкая операция. Ее выполняют не только перед отправкой или постановкой машины на ремонт, но и перед проведением ТО и ее постановкой на хранение.

Машины очищают струей воды или раствора под напором до 1,8 МПа. Для этого используют моечные установки М-1100, М-1110, М-1122, М-107 и ОМ-830.

Один из наиболее эффективных способов — подача на очищаемую поверхность смеси пара с водой под давлением 0,6...2,0 Мпа. В нынешнее время на рынке представлен широкий выбор моечных машин. Лидером является фирма «karcher»



Рис. 1.2 Аппарат высокого давления Karcher HDS 551 C Eco

Дорожные загрязнения отмывают водяной струей при давлении 1,6...2,0 МПа и температуре 70...90°C без моющих средств.

Если машины загрязнены маслом и дорожной пылью, то их очищают пароводяной струей при давлении 0,8...1,2 МПа и температуре 95...100°C с добавлением моющих

средств типов МС, Лабомид, «Темп», «Аэрол» из расчета 10...15 г/л. Основой для производства средств служат поверхностно активные вещества (ПАВ).

После очистки машина или агрегат необходимо продиагностировать.

Предремонтное диагностирование тракторов направлено для определения остаточного ресурса (ГОСТ 20793). Эту операцию проводят перед ТО-3 (предшествует текущему или капитальному ремонту) для определения возможности их дальнейшего использования или вида и содержания ремонта; сельскохозяйственных машин — при постановке на длительное хранение после сезона эксплуатации; комбайнов — перед ремонтом, постановкой на хранение и перед началом работы. При этом уточняют объем ремонта, выявляют неисправности, поломки, износы, деформации и смещения, а также старение резиновых, тканевых и деревянных материалов, проверяют функционирование систем двигателя.

Методы и средства диагностирования различны. Его цель состоит в определении технического состояния и причин неисправностей машин и выдаче рекомендаций по выполнению необходимых операций ТО и ремонта. Решают следующие задачи:

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

По полученным результатам дают рекомендации о необходимости регулирования механизмов, замены и ремонта ее отдельных составных частей.

В основу организации диагностирования положен принцип специализации и разделения труда, при котором его проводят специально подготовленные мастера и слесари-диагносты или мастера-наладчики, что повышает производительность и качество выполнения работ.

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

Диагностирование проводят либо одновременно с другими видами работ по ТО (совмещенное — при устранении отказов), либо отдельно (специализированное).

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

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

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

В зависимости от числа обслуживаемых машин, места обслуживания и ремонта различают следующие организационные методы диагностирования: на одном стационарном посту, поточный или с помощью передвижной диагностической установки. Первый используют в хозяйстве, где есть специальное помещение пункта ТО с независимым въездом и выездом машины, второй — при обслуживании большого числа машин на станции технического обслуживания тракторов (СТОТ) или автомобилей (СТОА).

Передвижные средства диагностирования применяют при отсутствии стационарных постов и при заявочном диагностировании для выявления и устранения причин отказов и неисправностей.

Рассмотрим стационарный пост (рис. 1.3) диагностирования со стендом КИ-8948, предназначенным для определения мощностных и экономических показателей тракторов, и стационарный комплект диагностических средств КИ-13919А-01 для определения потребности сборочных единиц в

ремонте или качества ремонта, а также прогнозирования их остаточного ресурса. При предремонтном диагностировании на данном посту устанавливают объем и вид необходимых ремонтных воздействий для всего трактора и его составных частей. Это позволяет снизить себестоимость ремонтно-восстановительных работ.

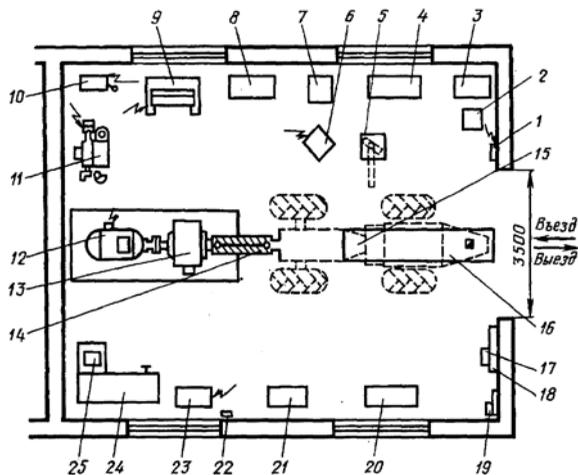


Рис. 1.3 Схема планировки поста диагностирования технического состояния трактора:

1 — световое табло диагностической установки; 2— стул; 3 — письменный стол; 4 — стеллаж-подставка; 5...7—стойки устройств диагностической установки»; 8— шкаф для одежды; 9 — пульт управления установки КИ-4935; 10— электрощит; 11 — реостат; 12— регулятор; 13— электродвигатель; 14— карданный вал; 15— смотровой канал; 16 — устройство для отвода выпускных газов; 17— расходомер топлива; 18— топливный бак; 19— противопожарный щит; 20— монтажный стол; 21— шкаф для приборов и приспособлений; 22— аптечка; 23 — установка для очистки деталей; 24 — верстак; 25 — прибор для регулировки форсунок

Технические требования и документация

Тракторы, автомобили, комбайны и их агрегаты, направляемые в ремонт, должны соответствовать существующим техническим требованиям на их приемку. Машина должна быть комплектной. Вместе с трактором, автомобилем и комбайном сдают заполненный паспорт. Перед сдачей машину (агрегат) очищают силами и средствами заказчика от грязи и пыли, а их систему охлаждения — от накипи.

Приемщик (представитель отдела технического контроля ремонтного предприятия) наружным осмотром определяет комплектность машины и наличие аварийных повреждений (изломов, пробоин, трещин и др.). Допускается проверять техническое состояние отдельных агрегатов с их частичной разборкой.

На принятую машину составляют приемо-сдаточный акт в двух экземплярах, один из которых остается на ремонтном предприятии, а другой выдают заказчику.

В акте указывают техническое состояние и комплектность машин, агрегатов, вид ремонта и дополнительные требования заказчика. По письменной заявке заказчика в акте должны быть особо оговорены необходимость замены или ремонта пневматических шин, кабин, комплекта или отдельных деталей гусениц тракторов, аккумуляторов.

Машины (агрегаты), принятые в ремонт, направляют на площадку хранения ремонтного фонда.

Технологическая документация на ремонт изделий.

Это комплекты документов, устанавливаемые Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП). Под технологической подготовкой производства понимают совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий* заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах на основе новейших достижений науки и техники. В документацию входят: Единая система конструкторской документации (ЕСКД), ГОСТ 2.001 и Единая система технологической документации (ЕСТД), ГОСТ 3.1109, Единая система допусков и посадок, Государственная

система обеспечения единства измерения (ГСИ), Система стандартов безопасности труда (ССБТ), отраслевые стандарты РТМ 70.0009.038; РТМ 10.0024 и другая нормативно-техническая документация. Ее содержание зависит от особенностей организации производства (единичное, серийное или массовое) и размеров его производственной программы.

*Здесь и в дальнейшем под изделиями понимают предметы ремонтного производства: машины и оборудование и их составные части, детали, подлежащие восстановлению, независимо от того, поступают ли они на комплектование сборочных единиц на данном предприятии или же служат конечной продукцией специализированного ремонтного предприятия.

Ремонтная документация. В нее входят рабочие документы на ремонт сборочных единиц, агрегатов, машин и оборудования, восстановление деталей и контроль изделий после их ремонта. Ее составляют отдельно на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты машин и оборудования.

Порядок разработки, согласования и утверждения документов по эксплуатации и ремонту изделий определяют по ГОСТ 2.609—79, ГОСТ 2.101-68, ГОСТ 14.004-83, ГОСТ 18322-78 и др.

Ремонтные чертежи на детали выполняют по ГОСТ 2.604, а внесение изменений в ремонтную документацию — по ГОСТ 2.603.

Основным документом для технологических процессов ремонта машин и оборудования и их составных частей в сельском хозяйстве служит типовая технология. Ее разрабатывают ГосНИТИ и его филиалы. Технической документацией по восстановлению деталей занимается ВНИИТУВИД. В этой работе принимают участие ученые вузов.

В комплект материалов типовой технологии входят: технические требования на сдачу в ремонт и выдачу из ремонта полнокомплектных тракторов, автомобилей, комбайнов и их составных частей; технические требования на капитальный ремонт сельскохозяйственной техники, а также по дефектации их деталей; маршрутные технологические процессы на капитальный ремонт тракторов, комбайнов, автомобилей,

их двигателей, шасси, гидросистем, топливной аппаратуры и электрооборудования; средние нормативы времени и нормы расхода материалов на ремонт машин, оборудования и их составных частей; перечень ремонтного оборудования и инструментов; альбом чертежей нестандартного ремонтно-технологического оборудования.

Комплект материалов типовой технологии для различных хозяйств по ремонту машинно-тракторного парка включает в себя: технические требования на текущий ремонт тракторов, автомобилей и некоторых специальных машин; технологические карты на замену агрегатов при текущем ремонте; чертежи нестандартного оборудования для хранения сельскохозяйственной техники; технические требования на ремонт плугов, сеялок, культиваторов и машин по внесению удобрений; рекомендации по организации и технологии ремонта зерновых комбайнов и др.

Лекция 2

ОЧИСТКА И РАЗБОРКА ОБЪЕКТОВ РЕМОНТА

1. Значения и задачи очистки при ремонте. Виды и характеристики загрязнений.
2. Характеристика моющих средств.
3. Классификация способов очистки.
4. Особенности разборки машин и сборочных единиц при ремонте.

Значения и задачи очистки при ремонте.

Виды и характеристики загрязнений

Машинно-тракторный парк (объекты ремонта) эксплуатируют в сложных условиях. Из-за контакта с почвой, растениями, топливосмазочными материалами, удобрениями и влияния ряда других факторов поверхности тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин покрываются сорбционными слоями сложного и разнообразного состава — загрязнениями. Последние уменьшают устойчивость защитно-декоративных покрытий, повышают скорость коррозионных процессов, снижают уровень культуры технического обслуживания и ремонта машин и в конечном итоге служат одной из причин, приводящих к понижению надежности машин и агрегатов. При некачественной очистке деталей в процессе сборки дизелей снижается их послеремонтный ресурс на 20...30%.

Загрязнения, встречающиеся при ремонте и обслуживании машин и оборудования различны по природе образования, условиям формирования, прочности, адгезии. Они представляют собой продукты как органических, так и неорганических соединений, их условно можно разделить на три основных вида (рис. 2.1): общие, и смешанные.



Рис. 2.1 Виды загрязнений тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин

Обычно в условиях эксплуатации поверхности машин загрязнены не одним видом, а комплексами разнообразных загрязнений, несвоевременное и некачественное удаление которых приводит к интенсификации процесса старения машин и оборудования.

Механические свойства загрязнений изменяются в широких пределах: от свойств вязких веществ (масел), вязкопластичных (смазок), в том числе мазеобразных (осадков), до свойств тел, обладающих пылевой структурой (частицы почвы, атмосферная пыль) и твердых прочных образований (накипь, нагары и др.).

Характер загрязнений наружных поверхностей сельскохозяйственной техники зависит от условий эксплуатации и вида выполняемых работ. В атмосферном воздухе всегда содержится определенное количество пыли, которая в процессе эксплуатации техники и оборудования осажается на их наружных и внутренних поверхностях.

Присутствующие в составе атмосферной пыли маслянистые загрязнения и попадающие в процессе эксплуатации техники остатки топливно-смазочных материалов усложняют процесс очистки поверхностей, придавая им свойство мягкости, которая интенсифицирует рост адгезии почвенных частиц и атмосферной пыли с деталями. Еще большей адгезией с очищаемыми поверхностями обладают загрязнения продуктами переработки эксплуатационных материалов (ГСМ, воды и др.) и ядохимикатов.

По связи с очищаемой поверхностью все загрязнения можно разделить на три основные группы (рис. 2.2), которые различаются трудностью удаления загрязнений и их физико-химическими и механическими свойствами.

Первая группа - адгезионно-связанные (слабосвязанные загрязнения без примесей органических веществ).

Вторая группа- поверхностно адсорбционно-связанные (слабо связанные загрязнения с примесью органических веществ, до 35 %).

Третья группа- прочно (глубинно)-связанные (загрязнения, которые содержат в составе цементирующие и прочно склеивающие вещества).

Адгезионно-связанные загрязнения - смесь хаотичных по ориентации и размерам частиц почвы, дорожной, атмосферной пыли с малым содержанием органических веществ (до 5... 6%), удерживаемых на поверхности только за счет молекулярных и электростатических сил (рис. 2.2 а).

Поверхностно адсорбционно-связанные загрязнения представляют собой остатки топливно-смазочных материалов, осадки смолистых отложений с большим содержанием органических веществ (более 6%), которые удерживаются на поверхности не только за счет молекулярных и электростатических сил, но и за счет частичного поглощения загрязнений твердой поверхностью (рис. 2.2 б).

Прочно (глубинно)-связанные загрязнения состоят из лаков, поли-меризованных смолистых отложений, нагара, краски, литейного и сварочного конгломератов, продуктов коррозии, окалины, накипи, адсорбционно-связанных с ме-

таллической поверхностью удобрений, ядохимикатов, удерживаемых за счет прочного поглощения твердой поверхностью (рис. 2.2 в).

В реальных условиях может быть сочетание нескольких видов загрязнений в различных соотношениях и последовательности.

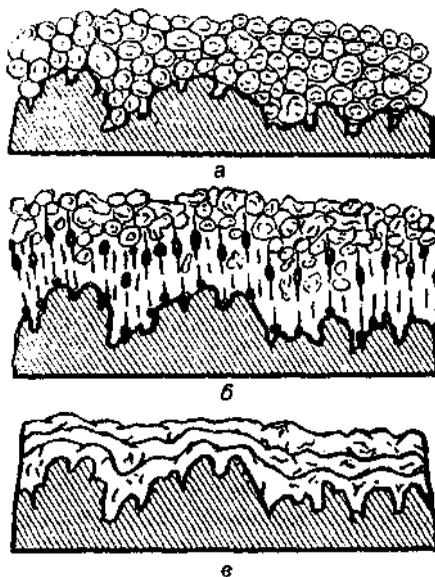


Рис. 2.2 Схемы взаимодействия загрязнений с очищаемой поверхностью:

а - адгезионно-связанные; б -поверхностно адсорбционно-связанные; в - прочно (глубинно-связанные)

Количество органических примесей в загрязнениях оказывает существенное влияние на качество очистки, и трудность их удаления возрастает по мере увеличения номера группы.

Анализируя состав загрязнений и механизм их образования, можно наметить два направления решения проблемы по-

вышения качества очистки (мойки) деталей, агрегатов, машин:

- предупреждение образования загрязнений или уменьшение адгезии их к металлической поверхности;

- разработка и внедрение в производство эффективных способов очистки (мойки) машин, агрегатов, деталей и материалов.

Первое направление следует отнести к числу профилактических, связанных с использованием техники. Оно охватывает следующие способы:

- 1) введение присадок в топливо и масла;
- 2) нанесение антиадгезионных покрытий;
- 3) повышение уровня технического обслуживания машин.

Второе направление решения проблемы связано с ремонтом техники и требует в связи с неоднородностью состава и свойств загрязнений различных способов, средств и режимов их удаления. Например, если загрязнения первой группы легко удаляются при небольшом давлении струи воды (до 0,5... 0,8 МПа), то для основной массы загрязнений II группы величина давления возрастает до 1,5... 2 МПа. Удаление загрязнений III группы требует давления струи воды при струйной очистке от 3 до 26 МПа.

На рис. 2.3 представлены наиболее часто встречающиеся общие и технологические загрязнения и указан диапазон давлений, необходимых для их удаления с очищаемой поверхности.

Качество отремонтированных машин во многом определяется техническим уровнем процессов очистки.

Качественное выполнение работ при многостадийной очистке деталей, узлов и агрегатов позволяет:

- повысить производительность труда на рабочих местах на 20... 30%;

- повысить качество дефектации деталей, культуру производства;

- обеспечить чистоту на рабочих местах ремонтного предприятия;

- повысить ресурс отремонтированных агрегатов и машин на 20... 36%.

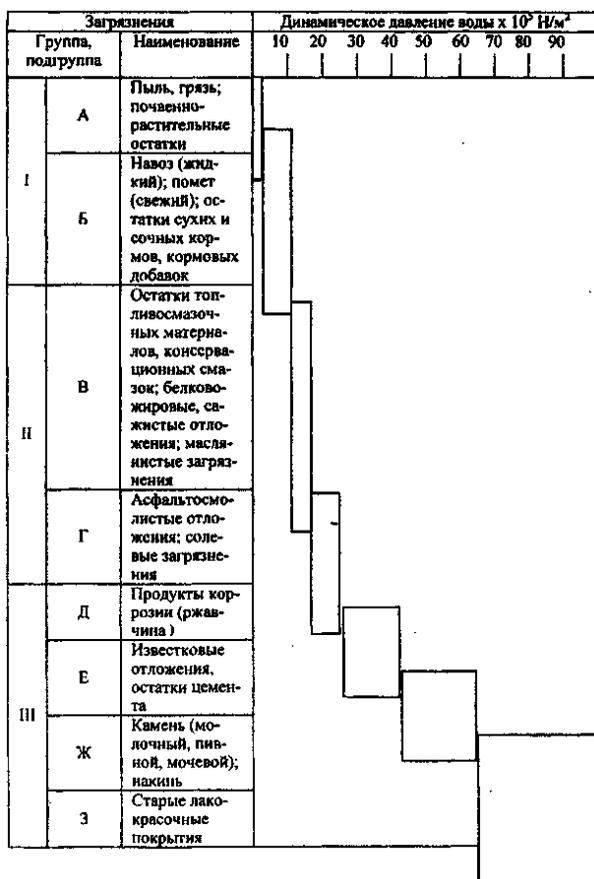


Рис. 2.3 Диапазон давлений, необходимых для удаления основных видов загрязнений

При ремонте машин с поверхностями деталей и узлов приходится удалять масла и смазки, пыль и растительные остатки, смолы, коксы, нагары, асфальтосмолистые отложения и продукты коррозии, накипь и лакокрасочные покрытия, отложения ядохимикатов. Многообразие загрязнений требует применения различных способов и средств для их удаления.

Характеристика моющих средств

Синтетические моющие средства

Синтетические моющие средства (СМС) - это многокомпонентные составы, содержащие минеральные соли, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и другие добавки. Основной моющей составляющей СМС являются ПАВ.

ПАВ - это полярные органические соединения, облегчающие разрушение жировых пленок, предупреждающие повторное осаждение загрязнений, создающие устойчивые эмульсии при соприкосновении с водной составляющей моющего раствора и, таким образом, интенсифицирующие процесс очистки деталей (объектов ремонта).

Молекула ПАВ состоит из двух частей: легкой - гидрофобной (водоотталкивающей, способствующей растворению ПАВ в масле) и тяжелой-гидрофильной (способствующей растворению ПАВ в воде).

Молекулы поверхностно-активных веществ обладают способностью ориентироваться в воде определенным образом. Полярная головка (гидрофильная часть) погружается в воду, а «хвостовая» углеводородная группа (гидрофобная) обращается к воздуху или к другой неполярной среде (рис. 2.4).

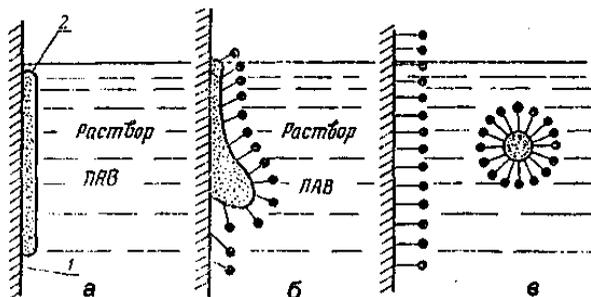


Рис. 2.4 Схема процесса эмульгирования масляного загрязнения:

1-поверхность детали; 2-слой загрязнения; а-начальное состояние; б-увеличение поверхности зафазнителя и образование капли загрязнителя; в-эмульгированные капли масла

В результате такой ориентации концентрация молекул ПАВ на границе раздела фаз может в десятки тысяч раз превышать их концентрацию в объеме раствора. Такую концентрацию (скопление) молекул ПАВ называют адсорбцией.

Адсорбция в общем смысле слова означает самопроизвольный процесс концентрации (скопление) одного из компонентов системы у поверхности раздела фаз. В основе моющего действия СМС лежит явление адсорбции ПАВ. Раствор ПАВ, обладающий хорошей смачиваемостью, проникает в тончайшие щели, трещинки грязевых гидрофобных агрегатов и раздробляет их до мельчайших частиц.

Концентрируясь на поверхности раздела фаз «вода-загрязнение», молекулы ПАВ образуют вокруг загрязнения защитную оболочку (гидрофобный слой), которая ослабляет связь его (загрязнения) с поверхностью детали. Тяжелая часть молекулы ПАВ способствует отрыву частиц загрязнения, покрытого пленкой, от поверхности детали. При механическом воздействии (вибрации, перемешивание) такие частицы переходят в водный раствор и пену, образуя эмульсию.

Нагрев моющего раствора с одновременным активным перемешиванием ускоряет процесс отрыва загрязнения от поверхности детали и переноса его в раствор. Поверхностно-активные вещества стабилизируют загрязнения в моющем растворе, предотвращают их повторное осаждение на очищаемую деталь.

В соответствии с механизмом удаления загрязнений все очищающие средства (исключая расплавы солей, абразивные и травильные среды, механические воздействия) можно сгруппировать в четыре класса

Щелочные составы характеризуются физической и химической стабильностью, относительно невысокой стоимостью. Даже при высокой концентрации они не обладают достаточной химической активностью по отношению к асфальтосмолистым отложениям и ГСМ. Кроме того, они способствуют коррозии, особенно деталей из цветных металлов и сплавов. В настоящее время их не рекомендуется применять для очистки деталей. Концентрированные растворы едкого

натра (5... 12 %) в настоящее время используют в основном для удаления старых лакокрасочных покрытий. Щелочные составы токсичны, при попадании на кожу вызывают ожоги; у работающих с такими составами ногти становятся ломкими.

Очистка деталей в СМС лишена многих из этих недостатков.

Синтетические моющие средства (СМС) выпускаются промышленностью в виде порошков, хорошо растворяются в теплой (50... 60 °С) воде, малотоксичны, не вызывают ожогов кожи.

Для струйных машин рекомендуются СМС: МС-6, МС-8, МС-15, МС-17, Темп-ЮОД, Лабомид 101 (102), ДИАС концентрацией 10...20 г/л. СМС типа Темп-100А, Темп-100Д одновременно пассивируют очищаемые поверхности деталей, предохраняя их от коррозии.

СМС типа Лабомид 203, МС-18, МЛ-80Д, МЛ-72, ТРИАС, Темп-100М, Темп-100Д, ДИАС предназначены для очистки деталей от ас-фальтосмолистых отложений методом погружения в ванну с активизацией раствора, концентрацией 20...30 г/л. Все растворы СМС требуют нагрева (70...90°С). Нецелесообразно повышать концентрацию моющих средств более 30 г/л, поскольку это не повышает качества очистки поверхности, но затрудняет очистку загрязненных растворов.

Растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС) применяют для удаления тяжелых асфальтомаслянистых отложений при нормальных температурах. Все РЭС токсичны, поэтому их рекомендуется использовать в герметизированных машинах погружного типа с соблюдением особых мер безопасности, без активации раствора.

Из поставляемых на предприятия РЭС особого внимания заслуживают АМ-15 и Лабомид 315 (Ритм).

РЭС типа АМ-15 (ксилол 70... 76 %, ализариновое масло 20... 28%, оксиэтилированные спирты (ПАВ) - остальное) используется для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений. Процесс очистки предусматривает две последовательные операции: погружение и выдержку деталей в течение 30... 60 минут в 100%-м растворе АМ-15 и последующую доочистку

водой или в 1%-м растворе СМС при температуре 60... 70 °С.

РЭС типа Ритм (Лабомид 315) - хлорированные углеводороды, ПАВ, стабилизаторы и активатор, используются для очистки деталей

от загрязнений близких к нагарообразованию. Технология очистки включает две стадии:

- погружение и выдержку в препарате деталей в течение 2...3 часов при нормальной температуре;

- ополаскивание очищенных деталей водным раствором СМС типа МС, Темп концентрацией 15...20 г/л.

Применение РЭС для очистки асфальтосмолистых отложений сокращает расход тепла в 3... 6 раз по сравнению с растворами СМС.

Универсальные биоразлагаемые моющие средства

Номенклатура выпускаемых средств отличается большим разнообразием (щелочные, кислотные, синтетические, органические растворители, растворяюще-эмульгирующие средства). Однако большинство из них далеко не безобидны - с трудом разлагаются на почве и в воде, обладают способностью накапливаться в тканях организмов животного и растительного происхождения, смешиваясь с загрязнениями, нередко активно участвуют в разрушении окружающей среды.

В последние годы на отечественном рынке появились новые перспективные универсальные моющие средства, полностью соответствующие санитарно-гигиеническим требованиям. Они обладают высокой моющей способностью, нетоксичны, взрыво- и пожаробезопасны, полностью биоразлагаемы и безопасны для окружающей среды; работают за счет эффекта синергизма (свойства смеси обладать лучшей моющей способностью, чем каждый из ее компонентов). Эти многокомпонентные многоцелевые системы, выпускаются промышленностью (СПТОО «Компания «Этос», ТОО «Хемолукс» и другими) в виде концентрированных водорастворимых жидкостей, шампуней, растворителей.

Классификация способов очистки

Рабочие концентрации водных растворов ТМС зависят от загрязненности очищаемых поверхностей и составляют 5...20 г/л. Их наилучшее моющее действие проявляется при температуре раствора $80 \pm 5^\circ\text{C}$. При снижении температуры моющего раствора ниже 70°C резко ухудшается его моющая способность (при 60°C — в 2 раза, при 50°C — в 4 раза).

Качественная очистка объектов ремонта может быть достигнута лишь в том случае, если физико-химический фактор воздействия на удаляемые загрязнения, зависящий от применяемых моющих реагентов, дополняется механическим фактором (струи высокого давления, вибрация и т. д.). Последний определяется конструкцией моечных машин и установок, которые изготовляют трех основных типов: струйные, погружные и комбинированные.

Существуют струйный и погружной способы очистки.

При струйной очистке механический фактор проявляется как удар струи на удаляемые загрязнения, что приводит к их разрушению и размыву. Сила удара, H ,

$$P = m_0 v_0 (1 - \cos \alpha) \psi, \quad (2.1)$$

где m_0 — секундная масса моющей жидкости, кг/с;

v_0 — скорость потока, м/с;

α — угол падения струи, рад;

ψ — коэффициент, учитывающий изменение силы удара при удалении очищаемой поверхности от сопла.

Анализ этой зависимости показывает, что с применением высоконапорных струйных устройств достигается вполне удовлетворительная наружная очистка машин. По данным ГосНИТИ, повышение давления воды с 2,5 до 15 МПа при удалении наружных загрязнений приводит к увеличению производительности процесса очистки до 20 раз, снижению энергзатрат в 4 и расхода воды в 10 раз.

При погружной очистке наиболее эффективным фактором механического воздействия на удаляемые загрязнения

следует считать вибрацию ремонтируемых объектов, моющей жидкости или их совместного колебательного движения.

Очистка ремонтируемых объектов с использованием жидких сред сопровождается накоплением в последних удаляемых загрязнений. При этом очищающая среда постепенно теряет свое моющее действие. Отработанные моющие растворы подлежат регенерации. На рисунке 2.5 показана схема замкнутой технологии очистки загрязненных объектов с устройством для регенерации очищающей среды.

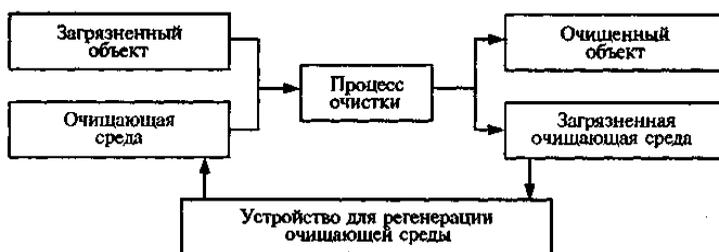


Рис. 2.5 Схема замкнутой технологии очистки загрязненных объектов

Пескоструйная очистка сводится к обдувке загрязненных поверхностей кварцевым или металлическим песком. Она является эффективным способом удаления продуктов коррозии, накипи и подготовки металлической поверхности к окраске. При этом способе поверхность не только очищается, но и приобретает равномерную шероховатость, способствующую лучшему прилипанию лакокрасочных материалов. Схема пескоструйного аппарата показана на рис. 2.6

Просушенный и просеянный песок определенной granulации засыпают в бак 2 через загрузочное устройство 1. Через кран 4 песок поступает в смеситель 5, где подхватывается струей сжатого воздуха и по шлангу 6 направляется через рабочую головку 7 на очищаемую поверхность. Для пескоструйной установки обычно используют песок:

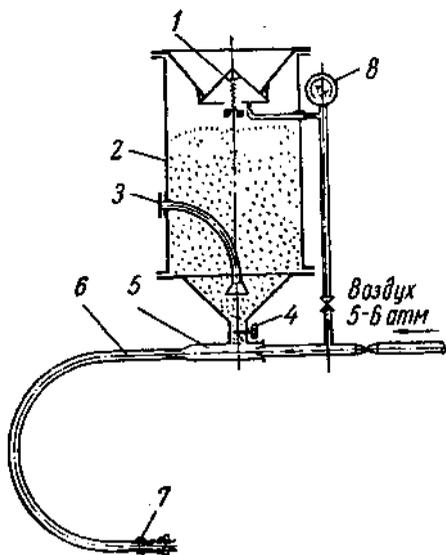


Рис. 2.6 Схема пескоструйного аппарата:

- 1 - загрузочное устройство; 2 - бак для песка;
 3 - труба для продувки аппарата; 4 - кран; 5 - смеситель;
 6-шланг; 7 -рабочая головка; 8 - манометр

От массы и скорости движения песка зависит его кинетическая энергия, которую определяют по формуле.

Давление, следовательно, и скорость v подачи песка выбирают в зависимости от материала детали: для стальных 0,4...0,6 МПа, для алюминиевых сплавов - 0,15... 0,2 МПа. Чем больше масса частицы песка, их скорость и содержание в струе воздуха, тем интенсивнее очищается поверхность, тем выше производительность пескоструйной установки.

Очистка косточковой крошкой отличается от пескоструйной лишь тем, что песок в этом процессе заменен мелкораздробленной скорлупой фруктовых косточек (слив, абрикосов и др.).

Подаваемая сжатым воздухом под давлением 0,4...0,6 МПа косточковая крошка с большой скоростью выбрасывается

из сопла установки и, ударяясь о поверхность детали, удаляет находящиеся на ней загрязнения (нагар, накипь, кокс и др.).

Важное преимущество этого способа перед пескоструйной очисткой в том, что косточковая крошка, обладая меньшей твердостью, совершенно не царапает поверхность очищаемых деталей, в том числе и деталей из алюминиевых сплавов.

Схема процесса очистки деталей машин косточковой крошкой представлена на рис. 2.7.

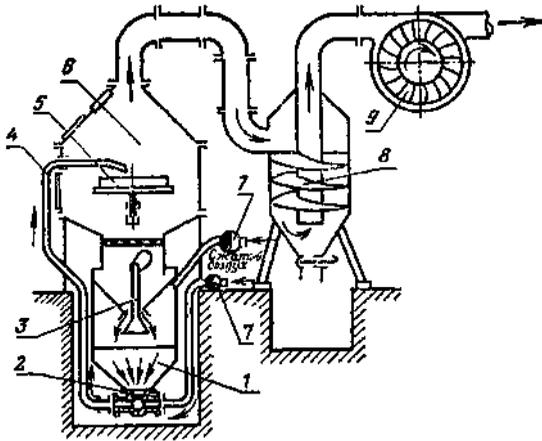


Рис. 2.7 Схема очистки косточковой крошкой:

- 1 - бункер; 2 - смеситель; 3 - клапан; 4 - шланг; 5 - стол;
6 - рабочая камера; 7 - кран; 8 - циклон; 9 - вентилятор

При очистке деталей косточковая крошка из бункера 1 поступает в смеситель 2 и в смеси с воздухом выбрасывается из шланга 4 на очищаемую поверхность детали, которая находится на поворотном столе 5. Пыль и удаленные загрязнения в процессе очистки отсасываются вентилятором 9 через циклон 8. Косточковая крошка проваливается через решетку в бункер для повторного использования.

В соответствии с техническими требованиями размер частиц крошки должен быть в пределах 2.. 4 мм. На крупных

ремонтных предприятиях для этой цели применяют установку ОМ-3181.

Ультразвуковая очистка деталей заключается в том, что в моющем растворе с помощью ультразвуковых генераторов типа УЗГ-10 и магнитострикционных преобразователей ПМС-7 вызываются звуковые колебания большой частоты (30 тысяч колебаний в секунду и более).

Под действием этих колебаний в жидкости образуются области сжатия и разряжения, распространяющиеся по направлению ультразвуковых волн. При интенсивности ультразвуковых колебаний порядка 4... 5 Вт/см² возникают кавитационные явления, связанные с захлопыванием воздушных пузырьков. Происходит мощный гидравлический удар, способный создать местное давление выше 10 МПа. Под действием гидравлических ударов трудноудаляемые загрязнения (накипь, кокс, смола, нагар и др.) разрушаются, отделяются от поверхности детали, переходят в моющий раствор, превращаясь в эмульсию. Кроме кавитации, в процессах очистки большую роль играют акустические течения, которые образуют вихревые гидродинамические потоки, способствующие растворению и перемещению компонентов в жидкой среде.

Очистку деталей можно выполнять при комнатной температуре или при температуре 60...70 °С в водных растворах СМС (Темп-ЮОА, Темп-ЮОД, Лобомид 203, МС-15, МС-17 и др.) или в водном растворе следующего состава: тринарийфосфат- 3 г/л, органический полупродукт ОП-7-3 г/л. Очистка и обезжиривание деталей в ультразвуковых ваннах продолжается 1 ...4 минуты.

Для осуществления процесса очистки промышленность выпускает ультразвуковые ванны типа УЗВ (УЗВ-15М, УЗВ-16М, УЗВ-17М, УЗВ-18М) в комплекте с преобразователями ПМС-6М (количество зависит от типа ванны) и ультразвуковых генераторов УЗГ (УЗГ-8, УЗГ-10-22, УЗГ-1,6 и др.).

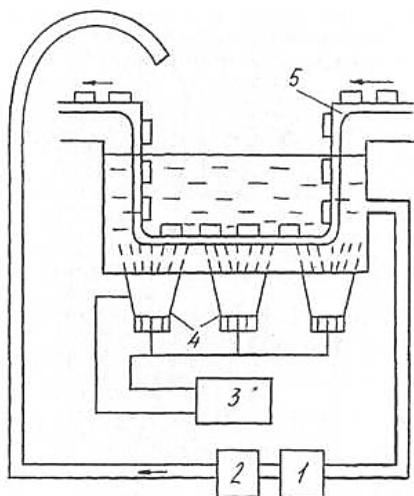


Рис. 2.8 Схема ультразвуковой установки для очистки деталей:

1 - насос; 2 - фильтр; 3 - генератор высокой частоты;
4 - ультразвуковые преобразователи; 5 - транспортер

*Изделия подаются в ванну цепным транспортером 5. Моющая жидкость подается насосом 1 через фильтр 2. Ультразвуковые преобразователи 4, питающиеся от генератора 3, создают в ванне ультразвуковые колебания.

Особенности разборки машин и сборочных единиц при ремонте

Общие сведения. Разборку необходимо выполнять в строгой последовательности, предусмотренной технической документацией. Технологические карты на разборку машин на агрегаты, сборочные единицы и детали разработаны ГосНИТИ для машин каждой марки. В них указаны порядок выполнения операций, применяемое оборудование, инструмент и технические требования на выполняемые работы.

Агрегаты и сборочные единицы, которые ремонтируют на других предприятиях, после наружной очистки машины снимают и в соответствующей комплектности отправляют на склад, а затем партиями в ремонт.

При капитальном ремонте на специализированных ремонтных предприятиях машины разбирают на агрегаты и сборочные единицы, а агрегаты и сборочные единицы — на детали.

Некоторые агрегаты и сборочные единицы разбирают непосредственно на месте общей разборки (на специализированных постах), а также после очистки на местах их ремонта и сборки (кабина с оборудованием, топливный бак, воздухоочиститель, масляный и водяной радиаторы, площадка механизма управления, топливная аппаратура, электрооборудование и др.).

По конструктивным признакам соединения деталей машин бывают подвижными, неподвижными, разъемными и неразъемными, а по технологическим — резьбовыми, прессовыми, сварными, паяными, заклепочными, клеевыми и вальцовочными.

Основные приемы и принципы разборки заключаются в следующем. Порядок ее выполнения должен точно соответствовать технологическим картам. Если технической документации нет, то сначала снимают детали, которые можно легко повредить (масляные и топливные трубки, шланги, рычаги, тяги и др.). Затем демонтируют отдельные агрегаты в сборе, которые разбирают на других рабочих местах. При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отпускают на пол-оборота все болты или гайки и только после этого их вывертывают. Заржавевшие соединения перед отвертыванием замачивают в керосине.

После разборки крепежные детали (болты, гайки, стопорные и пружинные шайбы) укладывают в сетчатые корзины для последующей промывки. Не разрешается применять зубило и молоток для отвертывания болтов, гаек, штуцеров, пробок, так как это может их повредить. Фасонные гайки и штуцера необходимо отвертывать только специальными ключами.

Запрессованные детали снимают под прессом или с помощью съемников и приспособлений. В отдельных случаях штифты, втулки и оси можно выпрессовывать специальными выколотками с медными наконечниками и молотками с медными бойками. Там, где возможно, это следует выполнять в той же последовательности, в котором они запрессовывались.

При выпрессовке подшипника из корпуса усилие прикладывают к наружному кольцу, а с вала — к внутреннему. Запрещается использовать ударный инструмент.

Снятые детали укладывают на стеллажи и приспособления для транспортировки их в моечные машины так, чтобы не повредить рабочие поверхности.

Нельзя раскомплектовывать детали, которые при изготовлении обрабатывают в сборе (крышки коренных подшипников с блоком, шатуны с крышками и др.). Кроме того, запрещается обезличивать детали с совместной балансировкой, а также приработанные пары деталей и годные для дальнейшей работы (конические шестерни главной передачи, шестерни масляных насосов, распределительные шестерни и др.). Детали, не подлежащие обезличиванию, метят, связывают проволокой, вновь соединяют болтами и укладывают в отдельные корзины или сохраняют их комплектность другими способами.

Отдельные неподвижные соединения разбирают только после их дефектации. Например, втулки клапанов, втулки распределительных валов и другие детали могут быть расточены под увеличенный размер на месте без их выпрессовки.

Оборудование, инструмент и приспособления для разборки машин. Применяют следующее оборудование и инструмент: стенды, прессы, гайковерты, ключи, съемники и приспособления.

Стенды используют в зависимости от конструктивных особенностей агрегатов, их размеров, массы и способа организации процесса. Конструкция стенда должна обеспечивать безопасность и удобство выполнения работ, минимальные затраты времени на установку и снятие агрегата, а также возможность поворота агрегата в требуемое удобное положение.

При этом должны быть предусмотрены стопорные устройства, исключающие самопроизвольный поворот агрегата.

По назначению стенды делят на универсальные и специализированные. Первые предназначены для установки на них одностипных агрегатов машин различных моделей или разнотипных агрегатов одной модели. Вторые служат для разборки одностипных агрегатов машин определенных моделей. Их обычно применяют на специализированных ремонтных предприятиях с большой программой.

Переносной гидравлический пресс-съемник для снятия различных деталей машин включает в себя: корпус 6 (рис. 2.9), в котором находятся центральный плунжер 1 и два боковых плунжера 12; масляный резервуар 3; ручной плунжерный насос 4 с рукояткой 2; две съемные траверсы 9, лапы 8; выдвижной упорный винт 7. Для возвращения плунжеров в исходное положение предусмотрен перепускной клапан 5. Положение лап фиксируют болтами 10, а ход боковых плунжеров изменяют с помощью упорных осей в отверстиях скоб 11.

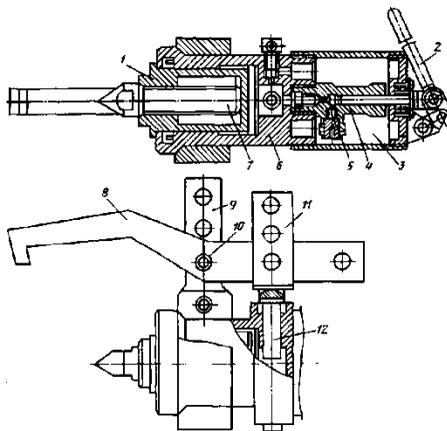


Рис. 2.9 Схема переносного гидравлического пресс-съемника:

1 – плунжер; 2 – рукоятка; 3 – масляный резервуар; 4 – плунжерный насос; 5 – перепускной клапан; 6 – корпус; 7 – упорный винт; 8 – лапа; 9 – траверса; 10 – фиксирующий болт; 11 – скоба; 12 – боковой плунжер

Подвесной пресс-съемник включает в себя спаренные цилиндры 4 и 7 (рис. 2.10). Поршни 5 и 6 цилиндров смонтированы на одном штоке 3. Работой пресс-съемника управляют с помощью золотника 1 и рукояткой 2.

В небольших мастерских общего назначения широко используют универсальные или специальные съемники. Первые оборудованы винтом 1 (рис. 2.10) с гайкой и двумя-тремя подвижными лапчатыми захватами 2, которые в зависимости от диаметра снимаемой детали раздвигают. Вторые изготовляют для снятия только одной детали. Их конструкция зависит от формы и размеров детали.

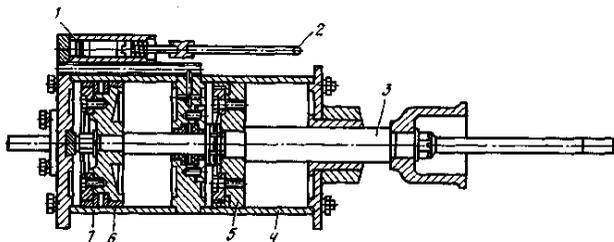


Рис. 2.10 Схема подвесного пневматического пресс-съемника:

1- золотник; 2— рукоятка; 3— шток; 4 и 7— первый и второй цилиндры; 5а б— поршни первого и второго цилиндров

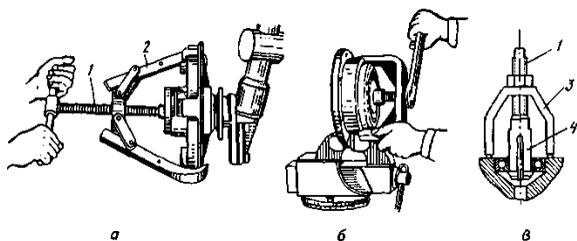


Рис. 2.11 Приемы снятия ступицы колеса универсальным съемником (а), выпрессовки кольца роликового подшипника специальным съемником (б) и схема специального съемника для выпрессовки шарикового подшипника из глухого гнезда (в); 1 – винт; 2 – лапчатый захват; 3 – упор; 4 – цапга

Более половины всех соединений составляют резьбовые. При их разборке применяют механизированный электро-, пневмо- и гидравлический инструменты. При использовании гайковертов, винтовертов, шуруповертов и шпильковертов повышается производительность, а также улучшаются качество и условия работы. Большое распространение получил ударно-вращательный способ разборки (сборки) с помощью ударных гайковертов. В течение всего рабочего цикла оператор держит их в руках. Из-за отсутствия реактивного момента такой инструмент применяют для соединений различного диаметра.

Ударные гайковерты обладают меньшей массой по сравнению с гайковертами вращательного действия.

Гайковерты с электрическим приводом (табл. 2.1 и 2.2) используют при напряжении 220 В и частоте 50 Гц (коллекторный или асинхронный двигатель нормальной частоты) либо при напряжении 36...42 В и частоте 220 Гц и выше (асинхронный двигатель).

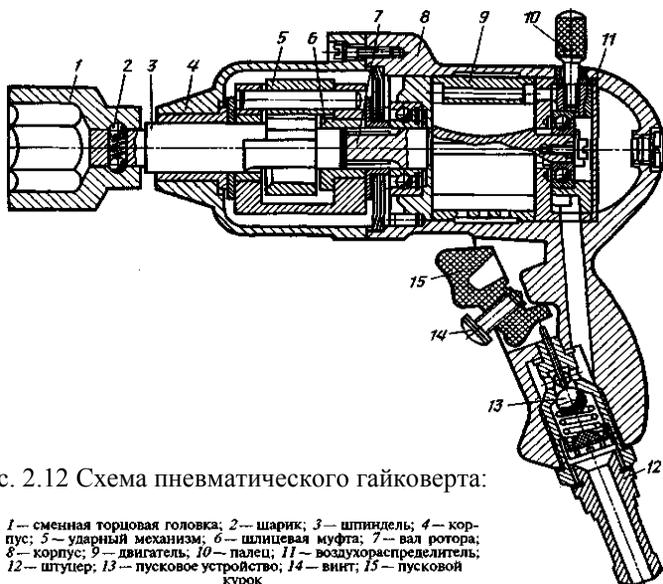


Рис. 2.12 Схема пневматического гайковерта:

- 1 — сменная торцовая головка; 2 — шарик; 3 — шпindel; 4 — корпус; 5 — ударный механизм; 6 — шлицевая муфта; 7 — вал ротора; 8 — корпус; 9 — двигатель; 10 — палец; 11 — воздухо-распределитель; 12 — шпатель; 13 — пусковое устройство; 14 — винт; 15 — пусковой курок

Таблица 2.1 - Основные технические данные электрических редкоударных гайковертов

Показатель	ИЭ3112*	ИЭ3115, ИЭ3115А*	ИЭ3116*
Энергия удара, Дж, не менее	100	25	25
Диапазон затягиваемых резьб, мм, для классов прочности:			
3,6...6,6	24...48	13...30	18...30
6,8...14,9	18...27	12...20	12...20
Число ударов за 2 с, не менее	2	4	4
Наибольший момент затяжки, Н·м	2100	700	700
Полезная мощность, Вт	120	180	270
Переменный ток	Трехфазный	Однофазный	Трехфазный
Напряжение, В	220	220	36
Частота тока, Гц	50	50	200
Масса (без сменных торцовых головок и кабеля), кг	12,5	5	5
Тип электродвигателя	Асинхронный	Коллекторный	Асинхронный

*Реверсивного исполнения

Таблица 2.2 - Основные технические данные электрических гайковертов с высокой частотой ударов

Показатель	ИЭ3113	ИЭ3114А	ИЭ3116	ИЭ3117
Наибольший диаметр резьбы, мм	16	16	12	12
Вращающий момент затяжки за 3 с, Н·м	120	120	6,3	6,3
Тип электродвигателя	Коллекторный	Асинхронный	Коллекторный	Асинхронный
Полезная мощность, Вт	180	180	120	120
Переменный ток	Однофазный	Трехфазный	Однофазный	Трехфазный
Напряжение, В	220	36	220	36
Частота тока, Гц	50	200	50	200
Масса (без сменных торцовых головок и кабеля), кг	3,5	3,5	3,5	3,5

Гайковерты с пневматическим приводом (табл. 2.3) имеют меньшую массу и меньшие габариты по сравнению с гайковертами с электрическим приводом, однако КПД пневматических гайковертов меньше, чем электрических. Кроме того, они обладают повышенным шумом.

Таблица 2.3 - Основные технические данные ударных пневматических гайковертов

Показатель	ИПЗ111	ИПЗ112	ИПЗ113	ИПЗ106	ИПЗ205	ИПЗ207
Наибольший диаметр резьбы, мм	12	14	18	42	42	14
Наибольший момент затяжки, Н-м	63	100	250	800*	800*	100
				1250	1250	
				1500	1500	
Расход сжатого воздуха при затяжке, м ³ /мин	0,7	0,97	0,9	1	1	0,7
Рабочее давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Масса (без сменной торцевой головки), кг	1,9	2,2	3	9	9,5	2,6

* Регулируемый

Несмотря на эти недостатки, пневматические ручные гайковерты широко применяют в ремонтном производстве в связи с простотой конструкции, надежностью и безопасностью в работе. Торможение пневматических двигателей происходит до полной остановки без вреда для дальнейшей работы инструмента.

При разборке используют также ручной инструмент — гаечные ключи различных конструкций (рожковые, торцовые, трещоточные и коловоротные). Для отвинчивания гаек и болтов служат рожковые ключи соответствующего размера, а также специальные головки для шурупов и шпилек.

Лекция 3

ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ И КОМПЛЕКТОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

1. Понятия о дефектации. Методы, средства и последовательность дефектации.
2. Методы и средства обнаружения скрытых дефектов
3. Назначение и сущность процесса комплектования деталей
4. Обеспечение точности сборки при полной, групповой взаимозаменяемости, индивидуальной подгонкой.

Понятия о дефектации. Методы, средства и последовательность дефектации

Дефектацией называется процесс технического контроля деталей, сборочных единиц, бывших в эксплуатации, с целью определения их годности для дальнейшего использования на ремонтируемом объекте.

Основная задача дефектовочных работ - не пропустить на сборку детали, ресурс которых исчерпан и не выбраковать годные без ремонта детали.

При дефектации определяют:

- 1) искажение геометрической формы деталей.
- 2) отклонение их размеров от чертежа.
- 3) нарушение взаимного расположения деталей.
- 4) физико-механических свойств материала (изменение твердости поверхности, упругих и магнитных свойств), усталостные разрушения и др.

Контроль деталей выполняется в соответствии с техническими условиями в определенной последовательности

В первую очередь проверяются дефекты, по которым деталь чаще всего выбраковывается. Если деталь имеет такие дефекты и величина их соответствует (по техническим условиям) выбраковке, то остальные дефекты у этой детали не проверяются.

Степень годности деталей к повторному использованию или восстановлению устанавливают по технологическим картам

на дефектацию. В них указаны: краткая техническая характеристика детали (материал, вид термической обработки, твердость, нормальные размеры, отклонение формы и взаимного расположения поверхностей), возможные дефекты, способы их устранения, методы контроля, допустимые параметры без ремонта и предельные размеры. Оценку проводят сравнением фактических геометрических параметров деталей и других технических характеристик с допустимыми значениями.

Допустимыми называются размеры и другие технические характеристики детали, при которых она может быть поставлена на машину без ремонтных и восстановительных воздействий и будет удовлетворительно работать в течение предусмотренного межремонтного периода.

Предельными называются размеры и другие характеристики детали, при которых она не может быть поставлена на машину без восстановления.

Выбраковочными называются размеры и другие характеристики детали, при которых она не может быть восстановлена, или это экономически нецелесообразно.

В процессе дефектации детали сортируют на пять групп, которые маркируют различной краской:

- зеленой - годные, параметры которых находятся в пределах, допускаемых для использования с деталями, бывшими в эксплуатации или новыми;

- желтой - годные, параметры которых находятся в пределах, допускаемых для работы только с новыми деталями;

- белой - утратившие работоспособность, которую можно восстановить в условиях данного предприятия;

- синей - утратившие работоспособность, ремонт и восстановление которых возможны только на специализированных предприятиях;

- красной - негодные, которые имеют выбраковочные размеры и неисправимые дефекты; они направляются в утиль для использования в качестве металлолома. Детали, которые при дефектовке решено заменить, хранят до окончания ремонта машины. Они могут понадобиться для восстановления чертежей или изготовления образцов новых деталей.

При дефектации используют следующие методы выявления дефектов.

Осмотр. С его помощью выявляют наружные повреждения деталей: трещины, задиры, обломы, отложения, прогары, выкрашивания, негерметичность, повреждения покрытий и др. Осмотр возможен как невооруженным глазом, так и с помощью оптических средств: простых луп, микроскопов.

Простукивание. Метод используется для определения плотности посадки шпилек, нарушения сплошности деталей, сцепляемости металлопокрытия. Основан на изменении тона звучания детали при нанесении по ней легкого удара молотком.

При нарушении сплошности детали, плотности посадки шпилек звук получается глухой, дребезжащий. Если посадка плотная, деталь сплошная, то звучание чистое, звонкое.

Проверка на оцупь. Определяют, есть или нет зазор, износ, плавность хода, перемещения детали, свободный ход, эластичность резинотехнических изделий.

Измерение размеров. Измеряют размеры, форму, взаимное расположение поверхностей деталей. Порядок измерения, применяемый инструмент, приспособления, место и число замеров оговариваются в соответствующих технологических картах.

Дефектация ведется по наименьшему измеренному значению вала и по наибольшему значению отверстия.

Многообразие объектов дефектации требует применения различных контрольно-измерительных средств и методов измерения.

Наиболее часто применяют следующие средства измерения: универсальный мерительный инструмент, калибры, специальные приборы.

Универсальный мерительный инструмент позволяет находить значение контролируемого параметра в определенном интервале.

К нему относятся штриховые средства измерений, снабжение нониусом (штангенинструмент); механические средства измерений с микрометрическим винтом (микрометрический инструмент); рычажно-механические приборы (ин-

дикаторы, индикаторные скобы, нутромеры, многооборотные индикаторы, рычажные скобы, микрометры, головки и др.).

Калибры-это бесшкальные измерительные инструменты для контроля отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей без определения численного значения измеряемого параметра. Наиболее часто используют предельные калибры, контролирующие крайние предельные размеры деталей и позволяющие отсортировать годные детали, подлежащие восстановлению и негодные.

Специальные приборы предназначены для контроля конкретных деталей с высокой производительностью и точностью. К ним относятся приборы для проверки изгиба и скрученности шатунов, оправки для проверки соосности гнезд коренных подшипников блоков цилиндров, прибор КИ-4929 для проверки биения тарелки клапана, приспособления 70—8019—1501 и 70-8019-1502 для замера радиального зазора и монтажной высоты подшипников качения и др.

При выборе средств измерения необходимо учитывать его метрологические характеристики (цена деления, точность отсчета, предел измерения), а также точность изготовления измеряемого элемента детали (поле допусков). На рис. 3.1 предоставлены номограммы, ориентирующие дефектовщика в выборе мерительных средств в зависимости от точности изготовления детали и ее размера.

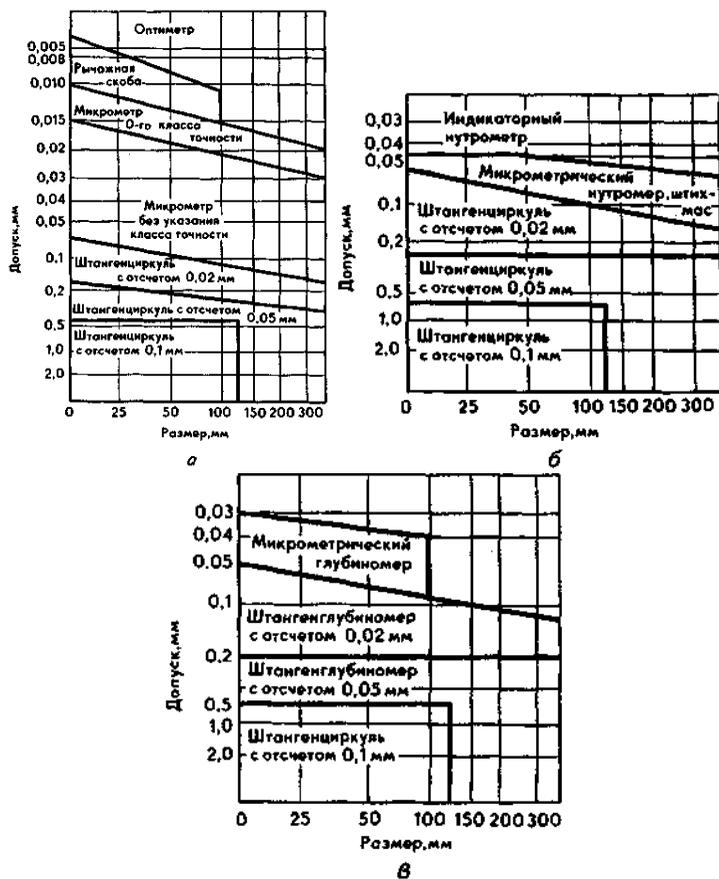


Рис. 3.1 Номограммы выбора измерительных средств для валов (а), отверстий (б) и для глубин (в)

Методы и средства обнаружения скрытых дефектов

Методы и средства выявления несплошности материала деталей. Дефекты несплошности материала деталей, бывших в эксплуатации, можно условно разбить на две группы: явные и скрытые. Явные дефекты — это трещины, обломы, пробоины, смятие, коррозия. Их чаще всего обнаруживают внешним осмотром невооруженным глазом, через лупу

5...10-кратного увеличения или ощупыванием. Для обнаружения скрытых дефектов применяют следующие методы контроля (дефектоскопии): капиллярные, обнаружением подтекания газа или жидкости, магнитные и акустические.

Для нахождения производственных дефектов, возникающих в процессе изготовления деталей, на крупных ремонтных предприятиях используют радиационный, рентгеновский и др.

Капиллярный метод предназначен для выявления нарушений сплошности поверхности слоев детали (трещин), изготовленной из различных материалов (ферромагнитных и неферромагнитных сталей, жаропрочных, титановых, алюминиевых, магниевых сплавов, изделий из стекла, керамики и металлокерамики). Он служит также для определения производственных дефектов (шлифовочных и термических трещин, волосовин, пор и др.).

Этот метод обладает высокой чувствительностью (табл. 3.1) и простотой технологии контроля. Его сущность состоит в следующем. На очищенную поверхность детали наносят специальную жидкость (пенетрант) и в течение некоторого времени выдерживают, с тем чтобы она успела проникнуть в полости дефекта (рис. 3.2, а). Затем с детали удаляют излишки жидкости и просушивают. Жидкость остается только в полости дефекта (рис. 3.2, б). Для его выявления на поверхность изделия наносят проявляющий материал (рис. 3.2, в), который способствует выходу жидкости из полости (трещины) в результате адсорбции проявляющим веществом либо диффузии в него.

Таблица 3.1 - Характеристика дефектов, мкм, при капиллярных методах их выявления

Метод	Раскрытие	Глубина	Протяженность
Люминесцентный:			
сорбционный	10	0,03	0,5
диффузионный	1	0,01	0,3
Цветной (диффузионный)	1	0,01	0,3
Люминесцентно-цветной (диффузионный)	1	0,01	0,1

При сорбционном способе на поверхность детали наносят сухой порошок (сухой метод) или порошок в виде суспензии (мокрый способ). За счет сорбционных сил проникающая жидкость извлекается на поверхность изделия и смачивает проявитель. При диффузионном способе на поверхность детали наносят специальное покрытие, в которое диффундирует проникающая жидкость из полости дефекта. Этот способ более чувствителен, чем сорбционный, и его применяют для обнаружения мелких трещин.

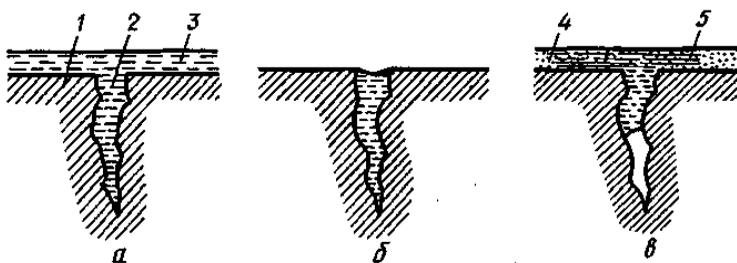


Рис. 3.2 Приемы контроля деталей капиллярным методом с применением проявителя:

а — трещина, заполненная проникающей жидкостью; *б* — жидкость с поверхности детали удалена; *в* — нанесен проявитель, трещина выявлена; 1 — деталь; 2 — полость трещины; 3 — проникающая жидкость; 4 — проявитель; 5 — след

Если в состав пенетранта входят вещества, способные флуоресцировать при облучении ультрафиолетовым светом, то такие жидкости называют люминесцентными, а сам метод обнаружения дефектов — люминесцентным методом дефектоскопии.

В ремонтном производстве при использовании люминесцентного метода дефектоскопии в качестве пенетрантов применяют жидкости различного состава. Их наносят с помощью пульверизатора, окунанием в раствор или мягкой кистью. После выдержки детали в течение нескольких минут (не

более 5) излишки жидкости удаляют, протирая поверхность ветошью, или промывают струей холодной воды под давлением 0,2 МПа с последующей сушкой.

Люминесцентный и цветной метод контроля основан на изменении светоотдачи дефектов заполненных с поверхности специальными свето и цветоконтрастными индикаторными жидкостями - пенетрантами. Если в состав пенетранта входят люминесцирующие вещества, т.е. - вещества дающие яркое свечение при облучении их ультрафиолетовым светом, то такие жидкости называют люминесцентными с методом контроля - люминесцентным. Эта жидкость представляет собой смесь: - 0,25 л трансформаторного масла, 0,5 л керосина, 0,25 л бензина и 0,25 г порошка дефектода;

- керосин (75%), вазелиновое масло (15%), бензин (10%), с добавкой 1.2 г дефектоля и 3 г эмульгатора ОГ1-7;

- керосин. - 50%, "Нориол" - 50%.

Если же основной пенетранта являются красители, видимые при дневном свете, то метод контроля называют цветным. В цветной дефектоскопии используют красители ярко-красного цвета.

Сущность дефектоскопии с использованием пенетранта заключается в следующем. После очистки на поверхность подготовленного изделия наносят слой рабочей жидкости и выдерживают 10 - 15 мин. Затем поверхность очищают от жидкости струей холодной воды под давлением до 0,2 МПа и просушивают.

В случае люминесцентной дефектоскопии изделие освещают ртутно-кварцевой лампой через светофильтр. Дефекты хорошо заметны в виде ярко светящихся полосок, точек и т.п. Глубину залегания трещин или пор ориентировочно определяют по ширине светящейся полосы, которая примерно в 10 раз больше глубины. В ремонтном производстве используют стационарный дефектоскоп ЛДА-3 или установку ЛЮМ-1 для люминесцентного метода определения скрытых дефектов.

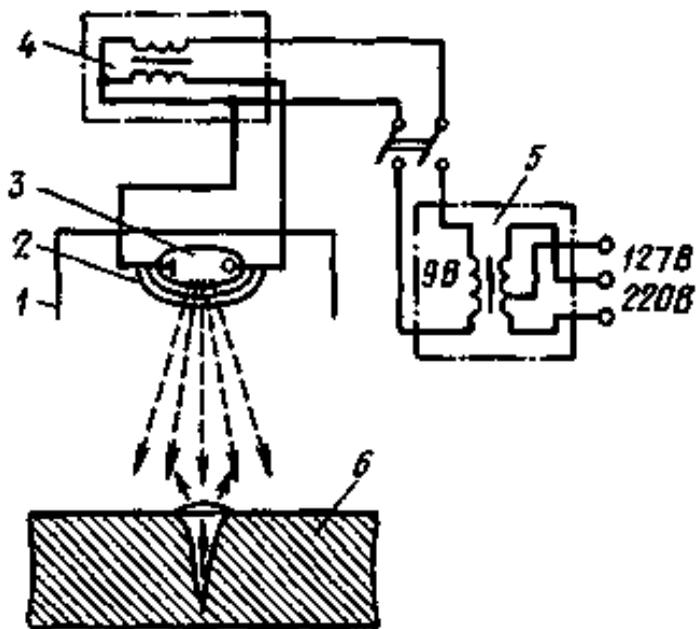


Рис. 3.3 Схема люминесцентного дефектоскопа:

1 — рефлектор; 2 — ультразвуковой светофильтр; 3 — ртутно-кварцевая лампа; 4 — высоковольтный трансформатор; 5 — силовой трансформатор; 6 — контролируемая деталь

Обнаружение подтекания газа или жидкости необходимо для проверки герметичности пустотелых деталей: блоков цилиндров, головок блоков цилиндров, баков, водяных и масляных радиаторов, камер шин, трубопроводов, шлангов, поплавков карбюраторов и др. Его широко применяют для контроля качества сварных швов. Степень герметичности определяют по утечке газа или жидкости в единицу времени, которую регистрируют с помощью приборов. В большинстве случаев место дефекта определяют визуально.

Керосин обладает хорошей смачивающей способностью, глубоко проникает в сквозные дефекты диаметром бо-

лее 0,1 мм. При контроле качества сварных швов на одну из поверхностей изделия наносят керосин, а на противоположную — адсорбирующее покрытие (350...450 г суспензии милового мела на 1 л воды). Наличие сквозной трещины определяют по желтым пятнам керосина на меловой обматке.

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

Пневматический способ нахождения сквозных дефектов более чувствителен, чем гидравлический, так как воздух легче проходит через дефект, чем жидкость. Во внутреннюю полость деталей закачивают сжатый воздух, а наружную поверхность покрывают мыльным раствором или погружают деталь в воду. О наличии дефекта судят по выделению пузырьков воздуха. Давление воздуха, закачиваемого во внутренние полости, зависит от конструктивных особенностей деталей и обычно равно 0,05...0,1 МПа.

Магнитный метод применяют для обнаружения дефектов в деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов. Так выявляют поверхностные трещины или подповерхностные включения с иной, чем у основного материала, магнитной проницаемостью. Метод получил широкое распространение из-за высокой чувствительности, простоты технологических операций и надежности. Он основан на явлении возникновения в месте расположения дефекта магнитного поля рассеивания.

Магнитный поток, встречая на своем пути дефект с низкой магнитной проницаемостью по сравнению с ферромагнитным материалом детали, огибает его. Часть магнитных силовых линий выходит за пределы детали (рис. 3.4), образуя поле рассеивания. Наличие последнего, а следовательно, и дефекта обнаруживают различными способами (магнитополюсковый, магнитографический и ферро-зондовый).

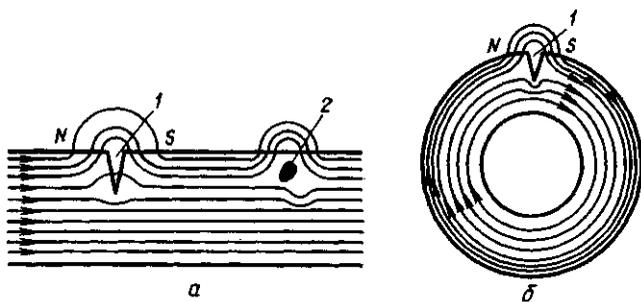


Рис. 3.4 Схемы возникновения магнитных полей рассеяния при намагничивании:

a — продольном; *б* — циркулярном; 1 — трещина;
2 — неметаллическое включение

Намагниченность деталей должна быть достаточной для создания около дефекта магнитного поля рассеивания, способного притягивать и удерживать частицы порошка. Через детали пропускают электрический ток или помещают их в магнитное поле соленоида. Различают три способа намагничивания: полюсное, циркулярное и комбинированное.

Наименование способа	Средство намагничивания	Графическая схема намагничивания
Продольное (полюсное)	Постоянным магнитом	
	Электромагнитом	
	Соленоидом	

Циркулярное	Пропусканием тока по детали	
	С помощью провода с ток, помещаемого в отверстие детали	
	С помощью контактов, устанавливаемых на детали	
	Индуктированием тока детали	
Комбинированное	Пропусканием тока по детали и с помощью электромагнита	
	Пропусканием двух (или более) сдвинутых по фазе токов по детали во взаимно перпендикулярных направлениях	
	Индуктированием тока детали и током, проходящим по проводнику помещенному в отверстие детали	

Для определения дефекта большое значение имеет правильный выбор напряженности магнитного поля. Чрезмерно большая напряженность приводит к осаждению магнитного порошка по всей поверхности изделия и появлению «ложных» дефектов, а недостаточная — к снижению чувствительности метода. При контроле в приложенном магнитном поле на поверхности детали она должна находиться в пределах 1590...3979 А/м, а на остаточную намагниченность приходится 7958...15915 А/м.

Сила тока, А, при циркулярном намагничивании цилиндрических деталей

$$I = 0,25Hd, \quad (3.1)$$

где H — напряженность магнитного поля, А/м; d — диаметр детали, мм.

Для тонких пластин и дисков сила тока, А,

$$I = 0,16Hb, \quad (3.2)$$

где b — диаметр диска или ширина пластины, мм.

При полюсном намагничивании в соленоиде сила тока, А, пропускаемого через его обмотку,

$$I = \frac{H\sqrt{D_c^2 + l^2}}{1,256n}, \quad (3.3)$$

где D_c — средний диаметр соленоида, см;

l — длина соленоида, см;

n — число витков соленоида.

Для индикации дефектов применяют ферромагнитные порошки с большой магнитной проницаемостью и малой ко-

эрцитивной силой. Порошок магнетита (Fe_3O_4) черного или темно-коричневого цвета используют для контроля деталей со светлой поверхностью, а порошок оксида железа (Fe_2O_3) буро-красного цвета — с темной поверхностью. Зернистость порошка существенно влияет на обнаружение дефектов и должна быть 5...10 мкм.

Магнитную суспензию приготавливают, используя керосин, трансформаторное масло, смесь минерального масла с керосином и водные растворы некоторых веществ. На 1 л жидкости добавляют 30...50 г магнитного порошка.

Детали размагничивают, воздействуя на них переменным магнитным полем, изменяющимся от максимального значения напряженности до нуля.

Крупногабаритные детали (коленчатые и распределительные валы и др.) размагничивают, пропуская через них ток, постепенно уменьшая его значение до нуля. Детали с отношением длины к ширине, равным более пяти, размагничивают перемещением их через открытый соленоид.

Короткие изделия с большим поперечным сечением размагничиваются плохо. Поэтому их предварительно соединяют в пакет и располагают вдоль оси соленоида.

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

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

Теневой метод основан на сквозном прозвучивании. Ультразвуковые колебания (УЗК) вводят в деталь с одной стороны, для чего служат пьезоизлучатель 2 (рис. 3.5) и генератор 1. Колебания принимаются пьезоприемником 5, расположенным с противоположной стороны детали.

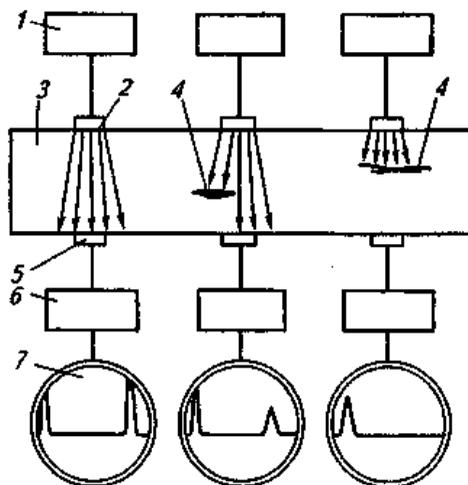


Рис. 3.5 Схема установки ультразвуковой дефектоскопии теньвым методом:

1 – генератор; 2 – пьезоизлучатель; 3 – изделие; 4 – дефекты;
5 – пьезоприемник; 6 – усилитель; 7 – индикатор

При отсутствии в детали дефектов колебания, прошедшие через нее, будут восприняты и преобразованы в электрический сигнал пьезоприемником, усилены усилителем 6 и поданы на индикатор (электронно-лучевую трубку осциллографа) почти без изменений амплитуды. Если на пути пучка УЗК встречается дефект, то амплитуда на экране прибора будет меньше исходного значения. Мощность воспринятого сигнала зависит от площади сечения пучка колебаний, площади сечения дефекта и глубины его залегания. В случае если дефект полностью перекроет пучок, показания прибора будут равны нулю.

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

Импульсный эхо-метод в отличие от теневого основан на посылке в деталь излучения в виде коротких импульсов, регистрации интенсивности и времени отраженных от дефектов и границ детали сигналов (эхо-сигналов). Ультразвуковые импульсы (рис. 3.6) посылаются в изделие один за другим. При этом между импульсами есть промежутки времени, называемые паузами. Периодом импульсов называют время, мкс, от начала действия одного импульса до начала следующего, т.е.

$$T = \tau + t, \quad (3.4)$$

где τ — длительность импульса, мкс; t — пауза, мкс.

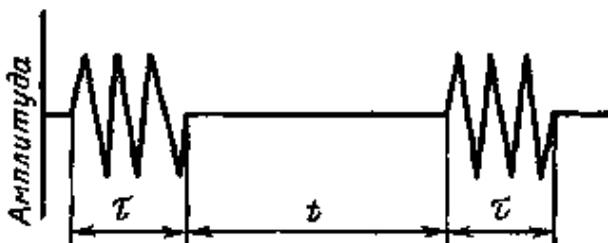


Рис. 3.6 Схема импульсов ультразвуковых колебаний, посылаемых в контролируемую деталь

Импульсы колебаний подаются и воспринимаются одной пьезоголовкой. Отражаясь от дефекта или границ раздела сред, они воспринимаются пьезоэлементом в периоды пауз. Для того чтобы эхо-сигналы не попали на искательную головку в период, когда он работает как излучатель, длительность пауз должна быть в 2...3 раза больше длительности импульсов.

Электрические колебания звуковой частоты, создаваемые генератором 3 (рис. 3.7), пройдя через генератор 2 импульсов, подаются на пьезоэлемент искательной головки б, где преобразуются в ультразвуковые. Одновременно импульс от генератора 2 подается на горизонтальные пластины электрон-

но-лучевой трубки 5 осциллографа, вычерчивая на экране зондирующий (начальный) импульс *a*. Ультразвуковые колебания, пройдя через деталь 7, отражаются от ее противоположной стороны (поверхности раздела сред), воспринимаются пьезоэлементом искательной головки и преобразуются им в переменные электрические сигналы. Последние усиливаются усилителем 1. Далее колебания подаются на горизонтальные пластины осциллографа, вычерчивая на экране импульс *б*.

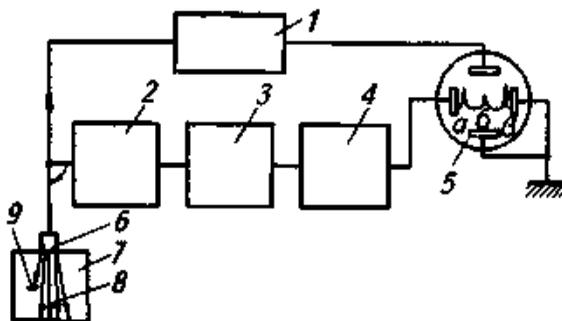


Рис. 3.7 Блок-схема импульсного ультразвукового дефектоскопа:

1 – усилитель; 2 – генератор импульсов; 3 – задающий генератор; 4 – генератор развертки; 5 – электронно-лучевая трубка; 6 – искательная головка; 7 – контролируемая деталь; 8 – пучок ультразвуковых волн; 9 – дефект; *a* – начальный импульс; *б* – импульс от дефекта; *в* – концевой (данный) импульс

Если в детали есть дефект, то ультразвуковой импульс отразится от него раньше, чем от противоположной поверхности изделия. Этот импульс будет воспринят пьезоэлементом, преобразован, усилен и подан на электронно-лучевую трубку осциллографа. В результате луч последнего прочертит на экране между пиками *a* и в третий пик *б*, свидетельствующий о наличии дефекта.

Назначение и сущность процесса комплектования деталей

Комплектование составных частей машин

Комплектование - подготовительная операция перед сборкой.

Комплектованием называют работы по контролю, подбору деталей, облегчающие подгонку сопряжений и быстрое выполнение сборочных работ в соответствии с техническими требованиями на сборку.

Необходимость комплектования вызвано тем, что на ремонтных предприятиях при сборке машин используются детали: новые; бывшие в эксплуатации, восстановленные. Следует так же отметить, что запчасти, поступающие на ремонтные предприятия, имеют большие отклонения от технических требований на их изготовление и использование при ремонте машин.

При комплектовании выполняются следующие работы:

- подбор комплекта деталей для каждого рабочего места;
- контроль и подбор деталей по размерам, массе, размерным группам;
- подгоночные работы; подбор и обкатка комплектов шестерен;
- учет движения деталей;
- входной контроль запасных частей.

В крупных ремонтных предприятиях эту работу выполняют в специальных отделениях, оснащенных необходимым оборудованием (стеллажами, подставками, контейнерами, ящиками и др.); в ЦРМ хозяйств, фирмах эта работа ведется на соответствующих участках и рабочих местах.

Крупные базисные детали после дефектации сразу направляют на сборку, минуя комплектовку, а остальные детали, требующие ремонта и годные, вместе с ведомостью дефектов поступают в комплектовочное отделение. Детали, требующие ремонта, направляют на участки восстановления данного предприятия либо в специализированные цехи восстановления и изготовления деталей.

Для минимального обезличивания деталей при их разборке и предупреждения раскомплектования с каждого агре-

гата (узла) их укладывают в контейнеры. После очистки и дефектации в контейнере остаются только детали, годные к дальнейшей работе. В комплектовочном отделении контейнер доукомплектовывают недостающими деталями и отправляют на сборку. При комплектовании сборочных единиц пользуются комплектовочными картами или спецификациями, приведенными в картах технологии на сборку.

Комплектование может быть простым, селективным, смешанным. При простом комплектовании к базовой детали подбирают такие детали, которые обеспечивают в сопряжении нормальный зазор (натяг) согласно техническим требованиям на сборку узла, агрегата, машины.

Примером простого комплектования может служить подбор поршня и гильзы двигателя, которые обрабатываются с широким полем допусков, вследствие чего любой поршень не может быть поставлен в любую гильзу. По техническим условиям на сборку нормальный зазор между гильзой и поршнем должен быть 0,14... 0,4 мм. Эти детали подбирают по зазору с помощью двух щупов: толщина одного равна минимально допустимому, а другого - максимально допустимому зазорам. Если поршень с таким щупом проходит по всей длине гильзы свободно, а со щупом, толщина которого соответствует максимальному зазору, не проходит, то такие детали считают скомплектованными. При простом подборе соединяемых деталей не всегда достигается требуемое качество сборки и затрачивается много времени. Несмотря на эти недостатки, его широко применяют на ремонтных предприятиях, особенно при ремонте простых сельскохозяйственных машин. Подбор выполняют к базовой детали, а не наоборот (к гильзе поршень, а не к поршню гильзу).

Метод селективного комплектования деталей применяется с целью получения зазора и натягов в более узких пределах, чем полученные с учетом допусков на изготовление.

При селективном комплектовании поля допусков размеров сопрягаемых деталей разбивают на несколько одинаковых групп *m*. Детали сортируют в соответствии с этими группами. В каждую размерную группу входят детали, практиче-

ские размеры которых лежат в пределах суженного поля допуска. Размерные группы маркируются (цифрами, буквами, краской и т.д.). В общем случае допуск зазора при простом комплектовании:

$$\delta = \delta_{\text{в}} + \delta_{\text{о}}$$

где $\delta_{\text{в}}$ -допуск вала, мм; $\delta_{\text{о}}$ -допуск отверстия, мм.

После разбивки деталей на число групп, равное m , отклонения в каждой группе деталей **будут** $\frac{\delta_{\text{в}}}{m}$ и $\frac{\delta_{\text{о}}}{m}$. Суммарный допуск зазора (натяга) деталей в каждой группе:

$$\frac{\delta_{\text{в}}}{m} + \frac{\delta_{\text{о}}}{m} = \frac{\delta_{\text{в}} + \delta_{\text{о}}}{m}$$

В дальнейшем сопрягаемые детали одинаковых размерных групп можно комплектовать без подбора (табл. 3.1) или с подбором в пределах каждой размерной группы.

При смешанном комплектовании деталей применяют оба способа. Детали особо ответственных сопряжений комплектуют (поршневой палец-отверстие бобышки поршня, поршень-гильза и др.) селективным способом, а менее ответственные- простым. Такое комплектование применяется преимущественно в ремонтных предприятиях колхозов, совхозов, фирм, занимающихся ремонтом техники, ремонтных цехов промышленных предприятий и др.

Преимущество селективного подбора деталей состоит в том, что детали могут изготавливаться сравнительно неточно, следовательно, дешевле, но после разбивки их на группы можно скомплектовать сопряжение сточной посадкой и, как следствие, с большим ресурсом. Недостатком метода является резкое повышение номенклатуры деталей.

Таблица 3.2 - Разбивка на группы сопряжения поршневого пальца двигателей ЗМЗ-53, ГАЗ-24

Цветовой индекс	Размеры, мм		
	Наружный диаметр кольца	Отверстие втулки	Отверстие в бобышках поршня
Белый	25,000...24,9975	25,0045...25,0020	24,9950...24,9925
Зеленый	24,9975...24,9950	25,0020...24,9995	24,9925...24,9900
Желтый	24,9950...24,9925	24,9995...24,9970	24,9900...24,9875
Красный	24,9925...24,9900	24,9970...24,9945	24,9875...24,9850

При комплектовании ряда деталей производят некоторые *пригоночные работы*. Наиболее часто осуществляют припиловку, шабрение, притирку, прогонку резьбы, зачистку заусенцев.

Припиловку применяют для устранения коробления деталей. Покоробленные плоскости припиливают по поверочной плите или по сопряженной детали. Инструментом служит личной напильник. Припиливают замки поршневых колец, чтобы в их стыках обеспечить заданные зазоры. *Шабрение* осуществляют для более точной подгонки деталей, например, подгонке плоскостей картеров двигателей, коробок передач и др. Контроль пришабренной поверхности ведут по плите или эталонной детали, применяя краску.

Притирку применяют при окончательной обработке некоторых плоскостей (клапанов, краников). Процесс ведут с помощью абразивных материалов или только масла. Плоскости деталей притирают одну по другой вручную или на станках, используя притиры (абразивные порошки, пасты ГОИ). Притирка заканчивается, когда поверхности будут ровными, матовыми, без кольцевых рисок. Качество притирки проверяется испытанием на герметичность.

Зачистку заусенцев производят на том же рабочем месте, где деталь восстанавливали, а также на специальном участке, изолированном от рабочих мест сборки. Инструментами служат шабер, напильники, абразивные бруски, наждачная лента, шлифовальная шкурка. Выбор инструмента зависит от назначения выполняемой работы, конфигурации и раз-

меров детали. Процесс может осуществляться вручную или специальными машинами (опиловочно-шлифовальные установки, ленточно-заточные станки и др.).

Назначение Обеспечение точности сборки при полной, групповой взаимозаменяемости, индивидуальной подгонкой

Точность сборки — свойство технологического процесса сборки изделия обеспечивать соответствие действительных значений параметров изделия значениям, заданным в технической документации. Точность сборки зависит от точности размеров и формы, шероховатости сопрягаемых поверхностей деталей, их взаимного положения при сборке, технического состояния средств технологического оснащения, деформации системы «оборудование — приспособление — инструмент — изделие» в момент выполнения сборки и т. п. Точность сборки аналитически может быть определена с помощью сборочных размерных цепей.

Требуемая точность сборки изделий достигается одним из пяти методов: полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, регулирования и пригонки.

Метод полной взаимозаменяемости — метод, при котором требуемая точность сборки достигается путем соединения деталей без их выбора, подбора или изменения размеров. Применение метода полной взаимозаменяемости целесообразно при сборке соединений, состоящих из небольшого количества деталей, так как увеличение числа деталей требует обработки сопряженных поверхностей с меньшими допусками, что не всегда технически достижимо и экономически целесообразно.

Метод неполной взаимозаменяемости — метод, при котором требуемая точность сборки достигается не у всех соединений при сопряжении деталей без их выбора, подбора или изменения размеров, а у заранее обусловленной их части, т. е. определенный процент (или доли процента) соединений не удовлетворяет требованиям точности сборки и требует разборки и повторной сборки. Метод неполной взаимозаменяемости целесообразен, если дополнительные затраты на

выполнение разборочно-сборочных работ меньше затрат на изготовление сопрягаемых деталей с более узкими допусками, обеспечивающими получение требуемой точности сборки у всех соединений.

Метод групповой взаимозаменяемости (так называемый селективный метод) — метод, при котором требуемая точность сборки достигается путем соединения деталей, принадлежащих к одной из размерных групп, на которые они предварительно рассортированы. В пределах каждой группы требуемая точность сборки достигается методом полной взаимозаменяемости. Данный метод обеспечивает высокую точность сборки, однако сопряжен с дополнительной операцией сортировки деталей на размерные группы, необходимостью хранения запасов деталей всех размерных групп и невозможностью использования части деталей, когда сопрягаемые детали неравномерно распределяются по размерным группам.

Метод регулирования — метод, при котором требуемая точность сборки достигается путем изменения размера одной из деталей (или группы деталей) соединения, называемой компенсатором, без снятия слоя материала. Например, требуемая точность осевого зазора (натяга) соединений с коническими подшипниками качения (дифференциал, главная передача, механизм рулевого управления и др.) обеспечивается изменением толщины неподвижного компенсатора, а точность зазора между торцом клапана и болтом толкателя или коромысла (клапаном-коромыслом) достигается путем изменения положения подвижного компенсатора — регулировочного болта — в осевом направлении.

Метод пригонки — метод, при котором требуемая точность сборки достигается путем изменения размера компенсатора со снятием слоя материала. Например, требуемая точность посадки плунжера в гильзе или клапана в корпусе форсунки, а также герметичность в соединении клапан — гнездо головки цилиндров достигается путем притирки. (<http://dobrovolskij.ru/>).

Лекция 4

СБОРКА, БАЛАНСИРОВКА И ИСПЫТАНИЕ ОБЪЕКТОВ РЕМОНТА

1. Последовательность и общие правила сборки.
2. Назначение и сущность обкатки агрегатов и машин.
3. Балансировка вращающихся деталей и сборочных единиц.

Последовательность и общие правила сборки

Сборочные работы – заключительный этап в ремонтном производстве. Они обеспечивают превращение отдельных деталей в изделие с определенными свойствами и характеристиками. Качество их значительно влияет на эксплуатационные качества машины, на ее надежность.

Сборка – наиболее ответственная и продолжительная стадия ремонта машин. Объем сборочных работ весьма значителен и составляет 20...30% общей трудоемкости ремонтных работ. Надо использовать предварительную узловую сборку и подавать на общую сборку возможно меньшее число отдельных деталей с целью сокращения времени.

Под **сборкой** понимают процесс соединения деталей в пары и сборочные единицы (узлы), деталей в агрегаты, агрегатов, узлов, деталей в машину с соблюдением кинематических схем, посадок, размерных цепей, заданных техническими условиями и сборочными чертежами.

Процесс сборки может быть стационарным, когда сборку ведут на неподвижном стенде, и подвижным, когда объект сборки передвигается.

При сборке должны выполняться следующие требования:

- строгая последовательность выполнения операций при сборке машины в соответствии с требованиями технологии; деталь - сопряжение - сборочная единица - узел - агрегат - машина;
- сборка должна выполняться с помощью современных средств (стендов, кантователей, прессов, гайковертов и др.);
- перед сборкой детали должны быть промыты, рабочие

поверхности протерты и смазаны маслом, каналы продуты;

- перед сборкой необходимо проверить статическую и динамическую балансировку деталей;

- при сборке следует соблюдать зазоры, натяги, разбеги, люфты, соосности, регулировки, затяжку резьб и др. параметры;

- при сборке необходимо тщательно следить за герметичностью сборки трубопроводов, фланцевых соединений, не допуская подтекания топлива, масла, воды, подсоса воздуха;

- при сборке нераскомплектованные детали следует ставить парами по меткам, нанесенным при разборке.

Сборка резьбовых соединений включает: подачу деталей, их установку и предварительное ввертывание, подвод и монтаж инструмента, завинчивание, затяжку, отвод инструмента, дотяжку, стопорение от самоотвинчивания. По ориентировочным подсчетам резьбовые соединения составляют более 70% от всех соединений, имеющих в современных конструкциях машин. Трудоемкость сборки этих соединений занимает 25... 30% в общем объеме сборочных работ.

На качество сборки резьбовых соединений большое влияние оказывают состояние опорных поверхностей деталей; состояние и точность изготовления резьб; жесткость скрепляемых деталей; прочность стопорных устройств; отсутствие искривлений и перекосов на сопрягаемых поверхностях.

Сборка резьбовых соединений в зависимости от условий их работы проводится без затяжки или с предварительной затяжкой.

Во избежание возникновения в соединении после сборки зазора сборку резьбовых сопряжений рекомендуется вести с предварительной затяжкой, осуществляемой поворотом гайки или болта после их соприкосновения с торцами соединенных деталей.

При сборке резьбовых соединений необходимо соблюдать следующие технические требования:

- ✓ болты и гайки нужно подбирать так, чтобы их головки были одинакового размера;

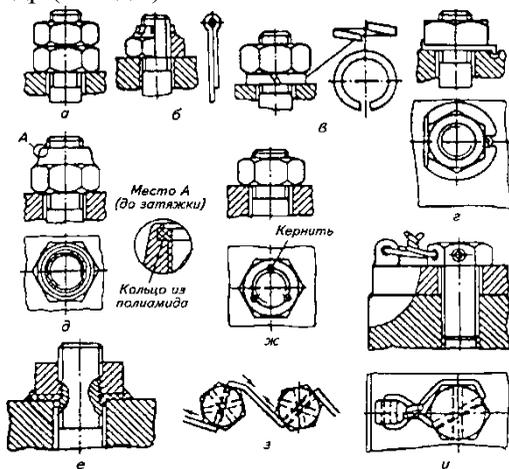
✓ резьбовые концы болтов и шпилек должны выступать из гайки не более чем на 2... 3 нитки и иметь правильную форму;

✓ нельзя применять винты с поврежденными шлицами и поврежденной резьбой;

✓ при сборке болты и шпильки должны быть ввернуты: в чугунные детали на глубину $1,1 \cdot d_{CP}$, в стальные - $0,8 \cdot d_{CP}$ (d_{CP} - средний диаметр резьбы, мм);

✓ при постановке ступенчатых шпилек их увеличенный конец надо вворачивать на полную длину в тело детали. Правильно ввернутая шпилька при простукивании молотком издает звонкий металлический звук без дребезжания.

Стопорение соединений с целью предотвращения самоотвинчивания болтов, винтов, гаек должно производиться правильно выбранными способами и средствами. Существуют следующие способы стопорения: контргайкой, проволокой, шплинтом, пружинными, тарельчатыми шайбами, применением герметиков и анаэробных составов, стопорными шайбами и др. (слайды)



Способы стопорения резьбовых соединений:

а — контргайкой; б — шплинтом; в — гроверной шайбой; г — специальной шайбой; д — кольцом из полиамида с последующей опрессовкой; е — шайбой из полиамида; ж — кернением; з, и — проволокой

Рис. 4.1 Способы стопорения резьбовых соединений

Усилие затяжки должно контролироваться применением предельных ключей: динамометрического или регулируемого на определенный момент. При завинчивании гаек, болтов, шпилек гаечным ключом длина рукоятки не должна превышать $1,5 d$, где d - диаметр резьбы, мм. Указанная длина обеспечивает нормальную затяжку и исключает возможность срыва резьбы.



Рис. 4.2 Динамометрические ключи

Чтобы избежать перекоса деталей, закрепляемых групповым резьбовым соединением, следует строго соблюдать порядок затяжки и осуществлять ее в два-три приема. Обычно порядок затяжки ответственных сопряжений (например, головки блока) приводится в технической документации. При ее отсутствии руководствуются правилами, приведенными на рисунке:

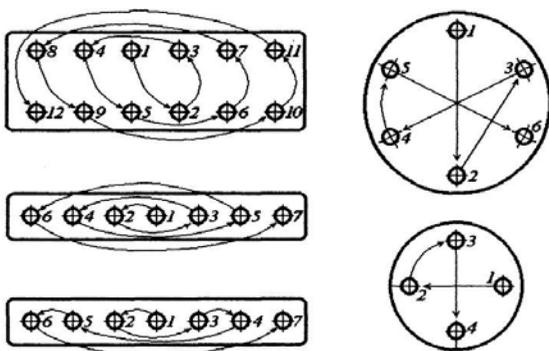


Рис. 4.3 Правило затяжки болтов

Затяжку многоболтовых соединений, например головки блока, необходимо выполнять, соблюдая последовательность, оговоренную в технической документации, контролируя при этом момент затяжки. Болты и гайки затягивать в три приема: каждый на 1/3 от крутящего момента при полной затяжке.

Сборку шпоночных и шлицевых соединений рекомендуется выполнять после тщательного осмотра соединяемых деталей. На их поверхностях не должно быть заусенцев, задиров и забоин. При наличии таких дефектов их необходимо устранить. В сельскохозяйственных машинах наиболее распространены призматические, сегментные и клиновидные шпонки.

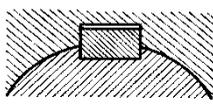
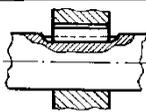
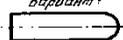
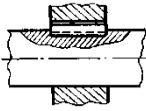
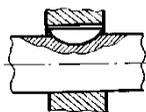
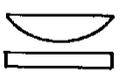
Характер соединения	Конструкция шпонок	Эскиз соединения	Эскиз шпонок
<p>Ненапряженное</p> 	<p>Призматические (ГОСТ 23360—78)</p> <p>Со скругленными торцами</p>		 <p>Вариант:</p> 
	<p>С плоскими торцами</p>		
<p>Ненапряженное</p> 	<p>Сегментные (ГОСТ 24071—80)</p>		

Рис. 4.4 Призматические и сегментные шпонки

Шпоночное соединение собирают в такой последовательности. Сначала шпонку устанавливают легкими ударами медного молотка в паз вала (сегментные и призматические шпонки должны входить в паз с некоторым натягом), а затем на вал насаживают охватывающую деталь (шкив, звездочку, шестерню и т.д.). Такие шпонки в пазу охватывающей детали располагают с некоторым зазором. В случае необходимости их подгоняют по пазам вала и охватывающей детали припиливанием или шабрением.

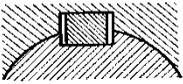
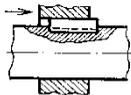
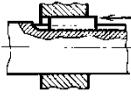
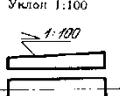
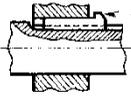
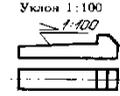
Характер соединения	Конструкция шпонки	Эскиз соединения	Эскиз шпонки
Напряженное 	Клиновые (ГОСТ 24068--80) Со скругленными торцами (забивные)		Уклон 1:100 
	С плоскими торцами (забивные)		Уклон 1:100 
	С головкой		Уклон 1:100 

Рис. 4.5 Клиновые шпонки

Перед сборкой неподвижных шлицевых соединений надо также убедиться в отсутствии заусенцев, забоин и задиров. Шлицевые соединения выполняют с высокой точностью и не требуют подгонки. Их собирают вручную без особого усилия.

Клиновидные шпонки входят в канавки вала и охватывающей детали с натягом. Их устанавливают в паз легкими ударами медного молотка. Уклон шпонки и паза в охватывающей детали должен совпадать. В противном случае возможен перекос соединяемых деталей.

После сборки шпоночных и шлицевых соединений их следует проверить на биение охватывающей детали относительно охватываемой.

Сборка опор с подшипниками качения. Детали сборочной единицы, собираемые с подшипниками качения, должны быть чистыми, посадочные места на валу и в корпусе подшипника должны иметь установленную техническими требованиями форму и надлежащую шероховатость поверхности.

Подшипник качения перед монтажом должен быть тщательно промыт в 6%-м растворе минерального масла с бензином или в дизельном топливе. Категорически запрещается промывать подшипники в загрязненной жидкости, так как попавшие между шариками и кольцами мельчайшие твердые

частицы очень трудно удалить. Усилие запрессовки должно передаваться непосредственно и исключительно на торец сопрягаемого кольца: внутреннего - при напрессовке на вал и наружного - при постановке в корпусе подшипника. Передача усилия через шарики, ролики, сепараторы при монтаже подшипников запрещена.

Правильно посаженный подшипник должен легко и плавно вращаться от руки без заметного торможения. Радиальный люфт подшипника оценивают осевым перемещением внутреннего кольца относительно наружного, он должен быть 0,15...0,25 мм.

При пробном пуске правильно смонтированный подшипник должен работать без шума. Глухой и прерывистый шум свидетельствует о загрязнении подшипника, а свистящий звук указывает на недостаток смазки. Рабочая температура подшипника не должна превышать 80 °С.

В ремонтном производстве монтаж подшипников на опоры осуществляется тремя способами: напрессовкой при помощи специальных пластин, оправок прессом или ударами молотка; тепловой сборкой; применением анаэробных компенсаторов.

Сборка подшипников скольжения. В тракторах, автомобилях, сельскохозяйственных машинах применяются подшипники скольжения, конструктивно оформленные в виде втулок или разъемных вкладышей.

Втулки чаще запрессовывают в корпуса с натягом. Реже их устанавливают с подвижной посадкой и при этом стопорят.

Усилие следует прилагать равномерно по всей окружности запрессовываемой детали, применяя специальные оправки. При этом очень важно установить ее правильно для предотвращения перекоса. Перед запрессовкой втулка и отверстие корпуса должны быть тщательно очищены, а острые углы - опилены. Для предотвращения появления задиров поверхность детали смазывают минеральным маслом. Следует иметь в виду, что после запрессовки внутренний диаметр втулки уменьшается. Поэтому втулки растачивают или развертывают после запрессовки в корпусе.

Разъемные подшипники-вкладыши могут быть толстостенными и тонкостенными. Их изготавливают из малоуглеродистой стали и заливают антифрикционным сплавом с толщиной слоя 0,7-3,0 мм для толстостенных и 0,3... 1,3 мм для тонкостенных вкладышей.

При сборке подшипников скольжения необходимо проверить соосности опор и масляный зазор в сопряжении.

Масляный зазор для толстостенных вкладышей примерно равен $(0,001...0,05) D$ мм, а тонкостенных $(0,001...0,0015) D$, мм, где O -диаметр шейки вала. Во многих случаях масляный зазор проверяют калиброванными латунными пластинами, толщина которых соответствует предельным значениям этого зазора. Зазор можно определить как разность диаметров подшипников и шеек вала.

Контроль соосности гнезд под подшипники скольжения особенно необходим для совместно собираемых деталей, обработка которых выполняется отдельно (например, корпус заднего моста, кожух муфты сцепления и задняя балка двигателя и др.).

Сборка прессовых соединений. Надежность прессовых соединений зависит от размеров, геометрической формы, шероховатости деталей, а также от способа формирования соединения. Размеры, геометрическая форма, шероховатость деталей соединения должны соответствовать техническим требованиям. Соединения с неподвижными посадками собираются путем запрессовки одной детали в другую в холодную при помощи гидравлических или механических прессов.

Детали небольших диаметров и со слабым натягом собирают при помощи ручного пресса или вручную ударами молота, изготовленного из мягкого материала. При этом надо пользоваться приспособлениями, позволяющими равномерно распределять ударную силу. Перекос деталей может возникнуть в начале запрессовки. Во избежание этого на деталях делают фаски, используют центрирующие оправки, специальные приспособления.

Детали значительных диаметров, а также с большим натягом собирают после предварительного нагрева охваты-

вающей детали или охлаждения охватываемой (напрессовка бандажей, венцов, втулок и др.

Температуру нагрева (охлаждения) деталей определяют по формуле

$$T = \frac{\delta + S}{\alpha \cdot d} + T_{п},$$

где S - минимальный зазор сборки, мм; для цилиндрических деталей, для конусных-;

$T_{п}$ -температура помещения, град;

α -коэффициент линейного расширения, 1/град.

Общий нагрев деталей не должен превышать 500°C. Нагревают детали в масле или расплавленном свинце, а охлаждают в жидком азоте.

Сборка шестерен. При сборке цилиндрических шестерен возможны следующие отклонения от технических условий:

- слишком большие или слишком малые зазоры между зубьями;

- неравномерные зазоры, биение шестерен по торцам;

- неправильное прилегание рабочих поверхностей зубьев.

Эти обстоятельства вызывают необходимость подбора шестерен в процессе сборки. Шестерни рекомендуется подбирать на специальном оборудовании. При отсутствии оборудования боковой зазор между зубьями определяют индикатором (рис. 4.6). Мерительный наконечник индикатора устанавливают на зубе первой шестерни, которая находится в зацеплении с сопряженной шестерней. Поворачивая первую шестерню (вторая застопорена) выбирают зазор между зубьями и одновременно следят за отклонением стрелки индикатора. Разность показаний (до поворота и после поворота шестерни) индикатора определяет зазор между зубьями сопряженных шестерен.

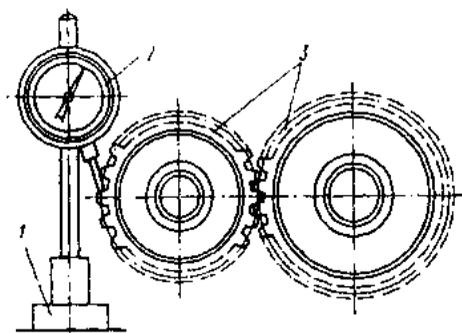


Рис. 4.6 Измерение индикатором зазора между зубьями цилиндрических шестерен:

1-стойка; 2-индикатор; 3-шестерни

При неравномерном зазоре следует установить, какая из шестерен имеет дефект. Для этого находят наименьший зазор между зубьями шестерен, а затем их разъединяют. Одну из шестерен поворачивают на 180° и снова соединяют. Если после этого характер зацепления изменяется, то дефект имеет та шестерня, которая осталась неподвижной.

Если до поворота шестерни зазор между зубьями был минимальным, а после поворота стал максимальным, то дефект имеет шестерня, которая была повернута. Ее и следует заменить.

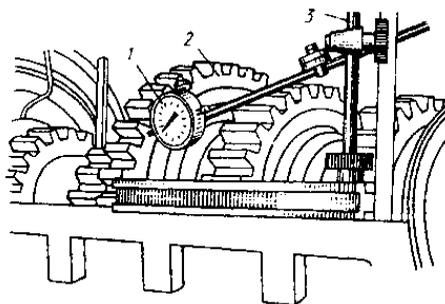


Рис. 4.7 Проверка шестерни на биение торцевой поверхности:
1- индикатор; 2 -проверяемая шестерня; 3 - стойка

Биение торцевой поверхности зуба проверяют индикатором (рис. 4.7).

Качество зацепления цилиндрических зубчатых шестерен проверяют мягким щупом или по краске. Щуп - свинцовая лента шириной, равной высоте зубьев проверяемых шестерен. Толщина ленты 0,1.. 0,2 мм. Для проверки зацепления ленту закладывают между зубьями шестерни и шестерни проворачивают.

На ленте образуется оттиск, по которому и судят о правильности контакта зубьев шестерен. Величину зазора между зубьями определяют микрометром, измеряя толщину ленты в месте оттиска.

При проверке качества зацепления краской зубья ведущей шестерни покрывают тонким слоем краски (темных расцветок). При провертывании на зубьях ведомой шестерни получают отпечатки. Техническими условиями установлены нормы на контакт и характер отпечатков. По отпечаткам судят о правильности зацепления шестерен.

Порядок сборки конических шестерен аналогичен порядку сборки цилиндрических шестерен. К коническим передачам предъявляют требования по бесшумности в работе и равномерному износу зубьев подлине. Степень шумности работы конических шестерен оценивает контролер при испытании узла. Оценка субъективная и основана на прослушивании работы пары шестерен.

Равномерный износ зубьев определяется регулированием зацепления конических шестерен, которые при нормальном боковом зазоре обеспечивают достаточно полный контакт зубьев по их длине.

При сборке шестерни ставят в такое положение, при котором начальные окружности их соприкасаются в одной точке. Вершина конусов совмещаются, и образующие конусов совпадают (рис. 4.8).

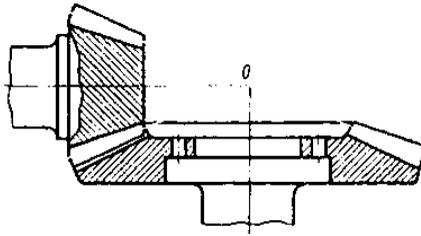


Рис. 4.8 Схема соединения конических шестерен

Для этого шестерни передвигают вдоль осей и фиксируют регулировочными прокладками или перемещением втулок с помощью специальных регулировочных гаек.

Качество зацепления конических шестерен, новых и бывших в эксплуатации, проверяют с помощью краски: ее тонкий слой наносят на зубья одной из зацепляющихся шестерен, шестерни прокручивают. Полученный отпечаток краски на зубе шестерни должен отвечать техническим требованиям. Длина пятна должна составлять 60.. 70 % длины зуба. Отпечаток должен располагаться симметрично линии зацепления зубьев шестерен и его ширина должна составлять 30.. 40 % от высоты зуба рис. 4.9.

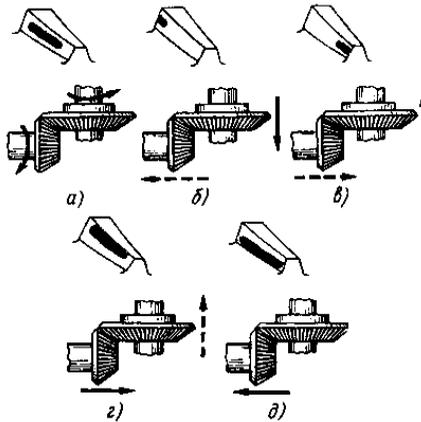


Рис. 4.9 Схемы регулировки (а...д) зацепления конических шестерен главной передачи

Сборка ременных и цепных передач. Для нормальной работы цепных и ременных передач необходимо, чтобы звездочки, охватываемые одной цепью, были установлены в одной плоскости. Натяжение цепей регулируют натяжными звездочками или роликами.

При монтаже не допускается попадание на ремни и шкивы масла и дизельного топлива, так как это приводит к разрушению резинового покрытия ремней. Боковые (рабочие) поверхности ремня не должны иметь складок, выпуклостей, срывов резины и расслаивания. Если на машину ставят новые ремни, то их предварительно натягивают. В противном случае при работе машины они быстро вытягиваются и начинают проскальзывать.

Герметизация при сборке машин. Герметизацию картеров, корпусов, полостей машин можно обеспечить:

- применением прокладочного материала: картона, паронита, бумаги, ткани, резины, пробковых прокладок, самоотвердеющих и жидких прокладок (герметиков, замазок, паст);

- применением специальных устройств: магнитоэлектрических уплотнителей, сальников (самоподжимных, простых, резиновых, войлочных, комбинированных);

- применением микроконусов.

Для уплотнения картеров в настоящее время широкое применение находят отверждающие герметики. Они представляют собой термореактивные материалы, которые под действием тепла, влаги или специальных химических веществ отверждаются, переходят из вязкого состояния в эластичное, резиноподобное практически без усадки.

Назначение и сущность обкатки агрегатов и машин

Особенность обкатки состоит в том, что она связывает ремонт и эксплуатацию, являясь завершающей ремонтной операцией и начальной операцией использования изделия.

Обкатка и испытание агрегатов и машин после ремонта. При обкатке соединенные поверхности трения прирабатываются, что приводит к образованию новой микрогеометрии поверхностей, наиболее благоприятной для дальней-

шей устойчивой работы соединений.

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

Основная приработка соединенных поверхностей происходит в первые 2...3 ч и завершается для двигателей через 50...60, а для агрегатов трансмиссии через 100...120 ч. Ее выполняют в два этапа: первый — обкаткой в ремонтной мастерской и второй — обкаткой в эксплуатационных условиях при работе с неполной нагрузкой.

В процессе приработки сопряжений происходит трансформация поверхностного слоя: изменяются величина и направленность микропрофиля, уменьшаются макрогеометрические отклонения формы. Увеличиваются зазоры, ослабляются натяги, изменяются микротвердость, структура поверхностного слоя. Приработка сопряжений завершается при стабилизации указанных и других характеристик.

Начинать приработку надо с минимальных значений нагрузок и скоростей на детали агрегата, указанных в технических условиях, и доводить их до максимальных постепенно, ступенями.

Приработка поверхностей трения должна протекать в смазочной среде при наличии масляной пленки между сопрягаемыми деталями.

Масло, применяемое для обкатки, должно не только обладать хорошей смазывающей способностью, но и хорошо охлаждать трущиеся поверхности, вымывать загрязнения.

Маловязкие масла в достаточном количестве проникают в зазоры между поверхностями трения, поэтому хорошо охлаждают их и вымывают загрязнения из зон трения. Однако из-за их низкой несущей способности создаются предпосылки для возникновения задиров.

С увеличением вязкости масел толщина масляной пленки становится больше и вероятность задиров уменьшается, но хуже отводятся тепло и загрязнения. Поэтому для каждого конкретного случая необходим подбор обкаточных жидкостей по вязкости. Например, для двигателей внутреннего сго-

рания рациональная вязкость приработочных масел должна быть 6... 8 сСт.

Для ускорения приработки и повышения качества прирабатываемых поверхностей в обкаточные жидкости вводят специальные присадки и применяют другие технологические приемы.

Обкатку машин, узлов, агрегатов проводят на специализированных стендах, создающие условия и режимы обкатки, оговоренные в технической документации.

Двигатели внутреннего сгорания обкатывают на электротормозных стендах: КИ-598Б, КИ-2118А, КИ-2139А, КИ-13532 и др.

Тракторы: гусеничные обкатывают на железном листе либо используют перевернутое шасси, колесные на барабанах.

Автомобили обкатывают на тормозных барабанах.

Агрегаты ходовой части, КП, задние мосты, трансмиссии обкатывают на специальных стендах под нагрузкой и без нагружения.

По окончании обкатки проводят контрольный осмотр агрегата, машины и устраняют неисправности. Обкатанную после ремонта машину в хозяйствах сдают комиссии по акту, а после ремонта в специализированных предприятиях-ОТК и представителю заказчика.

Обкатка двигателя. Технические условия предусматривают проведение обкатки по следующим этапам:

холодная обкатка от приводного устройства, обеспечивающего прокручивание двигателя с переменной частотой вращения;

горячая обкатка на холостых оборотах и под нагрузкой; испытание, контрольный осмотр и приемка двигателя из ремонта.

При холодной обкатке применяют присадки ОМП-2, АЛП-4 (ОМП – металлоорганическая, АЛП – элементоорганическая на основе алюминия).

Холодная обкатка заключается во вращении коленчатого вала обкатываемого двигателя сначала с выключенной, а затем с включенной компрессией.

Длительность холодной обкатки тракторных двигателей 50...70 мин, автомобильных – 20...30 мин (при использовании присадок – до 15 мин), на двух-трех режимах по частоте вращения коленчатого вала с постепенным ее увеличением от 500...600 до 1000 мин⁻¹ вначале без компрессии, а затем с компрессией.

Во время холодной обкатки на ощупь проверяют нагрев составных частей, прослушивают стуки и шумы.

Горячая обкатка без нагрузки выполняется после пуска постепенным повышением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

На холостых оборотах тракторные двигатели обкатывают 30 мин, автомобильные – 20 мин.

Продолжительность обкатки с присадкой АЛП-4 10 мин, ОМП-2 – 15 мин.

Горячая обкатка под нагрузкой проводится при положении рычага регулятора, соответствующем максимальной подаче топлива, и постепенном повышении нагрузки.

Под нагрузкой двигатели обкатывают 60...80 мин. Нагружают тракторные двигатели по четырем ступеням: 1 – 25...30 %; 2 – 50; 3 – 75; 4 – 80...85% номинальной мощности двигателя. Продолжительность нагрузки на каждой ступени 20...25 мин.

При использовании присадок сокращается общее время стендовой обкатки: с присадкой АЛП-4 до 80 мин, ОМП-2 до 45 мин. После обкатки двигатель осматривают. Если при этом будут обнаружены неисправности, связанные с заменой поршней, коленчатого вала и т. п., то после их устранения двигатель обкатывают вторично и испытывают в полном объеме.

У каждого двигателя после обкатки снимают и промывают масляную центрифугу, а масляные фильтры заменяют на новые или очищенные.

Ускоренную обкатку двигателей выполняют с помощью приработочных присадок, которые оказывают наибольшее влияние на детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и кривошипно-шатунного механизма (КШМ). Приработочные присадки добавляют либо к всасываемому в цилиндры возду-

ху или топливу, либо к смазочному маслу.

При введении с воздухом во всасывающий коллектор композиции из присадки АЛП-4Д и 5% присадки ПМС-А (АЛП-ПМС), а также использовании смазочного масла ОМД-8 время обкатки, например, дизеля ЯМЗ-238НБ сокращается в 3 раза.

Присадки типа АЛП (АЛП-2, АЛП-3 и АЛП-4) для ускорения приработки вводят также в дизельное топливо в количестве 1,3...1,75% по массе. Они представляют собой 30%-й раствор органополиалюмооксана в дизельном масле. При их сгорании образуется прирабочная абразивная паста, состоящая из оксида алюминия и масла.

Ускорить приработку можно также добавлением в масло присадки МКФ-18У (композиции, включающей 0,1...0,5% хлорной меди; 4,5...9,5% алифатического спирта С7–С12; 1...4% полиалкиленилсукцинимидтетраэтиленпента-мина и остальное — минеральное масло), с помощью которой в 3 раза сокращается время обкатки по сравнению с применением масел без присадок. Хороший эффект дает присадка к маслу ДФ-11, содержащая серу, фосфор и цинк.

В Московском государственном агроинженерном университете (МГАУ) разработано несколько присадок типа ОГМ (табл. 2.7), которые добавляют в смазочное масло.

Прирабочные присадки типа ОГМ к моторным маслам и присадка ОГМ-С к воздуху обеспечивают эффективную приработку деталей ЦПГ и КШМ в течение всей обкатки. При этом снижается прирабочный износ за счет антифрикционных пленок меди, образующихся на поверхностях прирабатываемых деталей.

Обкатка и испытание агрегатов трансмиссии

Основными задачами обкатки и испытания агрегатов трансмиссии после ремонта является проверка качества их сборки, работы механизмов в условиях, приближенных к эксплуатационным.

На предприятиях по ремонту тракторов и автомобилей обкатке и испытанию подвергаются ведущие мосты, коробки передач, главные передачи, бортовые передачи, раздаточные

коробки, редукторы лебедок, агрегаты ходовой части, рулевые управления и др.

В большинстве случаев принятые режимы обкатки и испытания состоят из работ агрегата вхолостую и под нагрузкой. Для этого используются стенды с тормозной нагрузкой и с циркулирующей мощностью по замкнутому контуру с механическим, гидравлическим и электрическим тормозами.

Обкатку и испытание производят при постоянной частоте вращения ведущего вала и испытуемого агрегата 1400...1500 мин⁻¹, продолжительность обкатки техническими условиями не регламентируется. На большинстве ремонтных предприятий она составляет 20...25 мин, в том числе под нагрузкой 12...15 мин. Обкатку и испытание проводят на маслах пониженной вязкости, что обеспечивает лучшее удаление из картеров механических примесей при спуске масла по окончании испытаний.

После обкатки, испытания и устранения неисправностей отремонтированные агрегаты устанавливают на машину.

Обкатку машин после ремонта проводят на специальных стендах либо пробегом на различных передачах. Обкатка и испытание тракторов на стенде продолжается 1,5...2 часа. При этом машину обкатывают по 15...20 мин на всех передачах согласно техническим условиям. За время обкатки проверяют работу приборов, двигателя, коробки передач, главной передачи, конечных передач, рулевого управления, гидросистемы, электрооборудования и др. Все обнаруженные неисправности устраняют на стенде (месте обкатки). После устранения неисправностей машину дополнительно обкатывают в течение 15...20 мин.

При стендовой обкатке затруднительно в полном объеме проверить работу всех механизмов и систем. В связи с этим после стендовой обкатки машину дополнительно испытывают пробегом.

Испытание автомобилей пробегом проводят на расстоянии 30 км с грузом, равным 75 % нормальной грузоподъемности, со скоростью не более 30 км/ч. При этом проверяют работу тормозов, рулевого механизма, трансмиссии и двигателя.

При обкатке и испытании тракторов пробегом проверяют их движение на всех передачах. Механизмы поворота испытывают на каждой передаче при поворотах вправо, влево и на 360° . Троганье машины с места должно быть без резкого повышения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Масло в коробках передач, заднем мосту и в емкостях силовой передачи не должно нагреваться выше 90°C . Гидросистему трактора проверяют десятикратно на подъем и опускание грузов. В процессе обкатки ведутся наблюдения за показаниями контрольных приборов. По окончании обкатки машину очищают от грязи, сливают масло из картера двигателя и агрегатов трансмиссии, промывают их дизельным топливом и вновь заправляют свежим маслом.

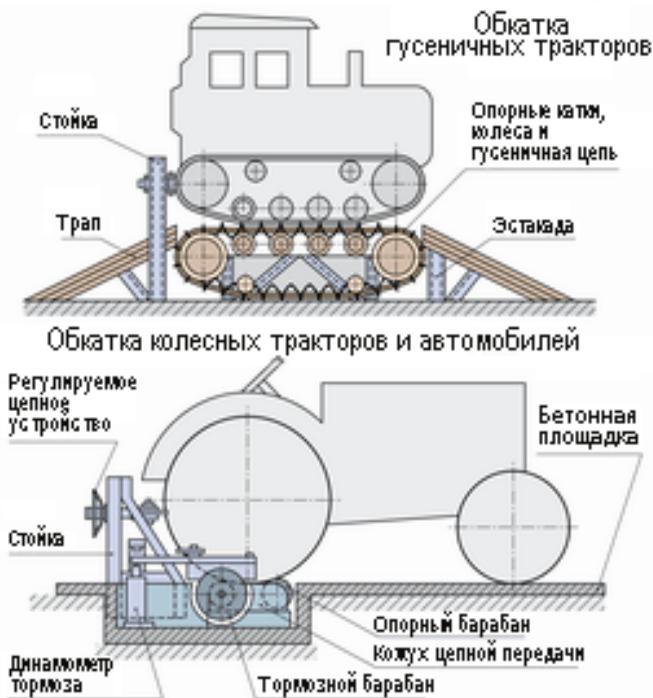


Рис. 4.10 Способы обкатки

Дальнейшая обкатка отремонтированных машин продолжается в эксплуатационных условиях.

Обкатка машин в условиях хозяйств

Стендовые испытания тракторов, автомобилей и других машин не позволяют из-за ограниченности времени выявить все дефекты отремонтированных агрегатов и машин. Поэтому машины после ремонта должны обкатываться в условиях хозяйств в течение 60...80 часов приблизительно по такой методике:

- обкатка двигателя 2...3 часа на холостом ходу с постоянным повышением частоты вращения коленчатого вала до максимальной холостого хода;

- обкатка машины на холостом ходу 8... 10 часов;

- обкатка машины под нагрузкой 30...60 часов на всех передачах с постоянным (ступенчатым) повышением нагрузки.

После каждого этапа обкатки машину очищают от грязи, заменяют смазку, подтягивают крепления, проверяют регулировки. Для создания нагрузки на крюке, например, к трактору цепляют груженные повозки или машины. Величина нагрузки на крюке измеряется динамометром.

Во время обкатки работающий двигатель тщательно прослушивают, одновременно проверяют показания контрольных приборов (температуру воды, масла, давление масла), состояние коробки передач, ведущих мостов, рулевого управления, электрооборудования и гидросистемы машины.

Обкатка машины считается завершенной, если основные сопряжения (агрегаты, узлы) приработаны и имеют минимум отказов.

После окончания обкатки машины необходимо произвести контрольный осмотр ее механизмов и агрегатов, проверить регулировку механизмов, сменить смазку в картерах трансмиссии; составить приемочный акт, согласно которому машина допускается к нормальной эксплуатации.

Балансировка вращающихся деталей и сборочных единиц

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.

Различают статическую и динамическую балансировки. Статической балансировке подвергаются детали, имеющие небольшую длину и относительно большой диаметр (шкивы, вентиляторы, маховики, диски сцепления). Для деталей, длина которых значительно превышает диаметр (коленчатые и карданные валы, барабаны молотилок) применяют динамическую балансировку.

При статической неуравновешенности центр тяжести S (рис. 4.11 *a*) детали или узла смещен относительно оси вращения на некоторую величину r_s . При свободном проворачивании статически несбалансированного тела вокруг оси оно всегда будет останавливаться в определенном положении — тяжелой стороной вниз.

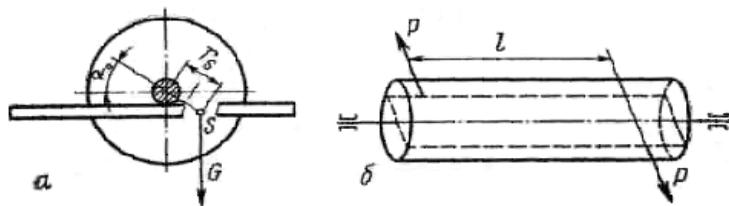


Рис. 4.11 Схемы неуравновешенности деталей:

a — статической; *б* — динамической; G — сила тяжести; s — центр тяжести; r_s — смещение центра тяжести; α — угол между горизонталью и радиусом; PP — пара сил; l — расстоя-

ние

Во время вращения статически несбалансированного тела в нем возникает неуравновешенная центробежная сила, Н,

$$P_{ц} = Gr_s \omega^2 / g,$$

где G – сила тяжести, Н;

r_s – смещение центра тяжести тела от оси его вращения, м;

ω – угловая скорость вращения тела, с⁻¹;

g – ускорение свободного падения, м/с².

При динамической несбалансированности к телу приложены два одинаковых груза на расстоянии l один относительно другого и на расстоянии r_s от оси вращения. В этом случае тело будет статически сбалансировано, но во время вращения возникает неуравновешенный момент пары сил, Н·м,

$$M = Gr_s \omega^2 l / g,$$

где l – плечо пары сил, м.

Обнаруживается динамическая неуравновешенность лишь при вращении детали ввиду возникновения пары сил PP (рис. б), действующих на расстоянии l . Сокращение расстояния l соответственно уменьшает динамическую неуравновешенность. Заметим, что если деталь уравновешена динамически, то она будет уравновешена и статически (но не наоборот).

Причины динамической неуравновешенности:

- нарушение соосности муфты сцепления и коленчатого вала при их обезличивании;
- большая разница в массе нижних головок комплекта шатунов двигателей;
- нарушение теплового состояния двигателя.

Статическая балансировка – совмещение центра тяжести с осью вращения.

Для статической балансировки деталь устанавливают на горизонтальных призмах или дисках с малым сопротивлением трения в опорах.

В условиях единичного и мелкосерийного производства статическую балансировку обычно выполняют на горизонтальных призмах или на дисках. При балансировке на призмах деталь 1 (шкив, зубчатое колесо и др.) плотно насаживают на точно обработанную оправку 2, концы которой укладывают на призмы 3, расположенные точно горизонтально. Если деталь не сбалансирована, то она вместе с оправкой будет перекачиваться по призмам, пока ее утяжеленная сторона не займет нижнее положение.

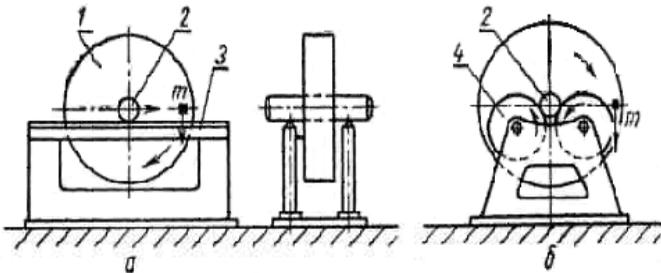


Рис. 4.12 Устройства для статической балансировки деталей:
а – балансировка детали на призмах (ножах); *б* – то же на роликах (дисках); 1 – деталь; 2 – оправка; 3 – призмы (ножи); 4 – ролики (диски)

Динамическая балансировка заключается в совмещении главной оси с осью вращения детали. Динамическая балансировка характеризуется вращением детали для определения местоположения компенсирующих масс. Вал с неуравновешенной массой t , которая после статической балансировки уравновешена грузом с массой m_y , показан на рисунке *а*.

При вращении вала возникают две противоположно направленные центробежные силы F_1 и F_2 , действующие на плече L , что создает момент, равный F_1L , и вызывает динамическую неуравновешенность вала.

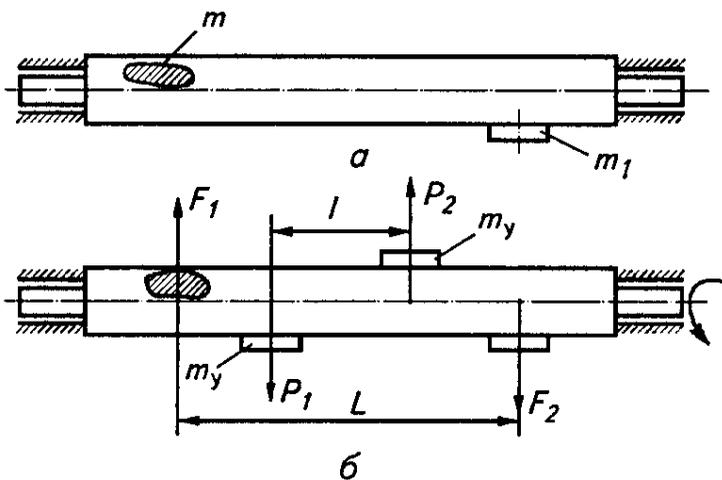


Рис. 4.13 Схема динамической балансировки детали:
а – до балансировки; *б* – после балансировки

В результате вал и его опоры испытывают дополнительные нагрузки. Момент этой пары сил может быть уравновешен другой парой сил, приложенной к валу, действующей в той же плоскости и создающей равный противодействующий момент.

Для динамического уравнивания к детали в плоскости действия момента F_1L необходимо прикрепить две равные массы m_y на расстоянии l , в результате чего при вращении возникнут центробежные силы P_1 и P_2 , создающие момент пары сил $P_1 l = F_1L$.

Для динамической балансировки коленчатых валов отдельно и в сборе с маховиком и сцеплением используют балансировочный станок КИ-4274.

Схема одного из станков для динамической балансировки коленчатого вала показана на рисунке.

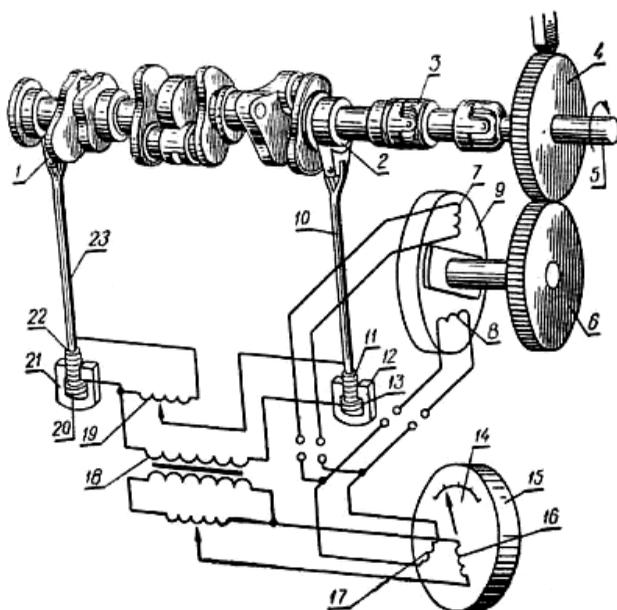


Схема станка для динамической балансировки:

1 и 2 – опоры коленчатого вала; 3 – шарнирное соединение; 4 и 6 – зубчатые колеса; 5 – вал привода; 7 и 8 – обмотки генератора переменного тока; 9 – статор генератора; 10 и 23 – штоки; 11 и 22 – обмотки катушек; 12 и 21 – постоянные магниты; 13 и 20 – пружины; 14 – шкала ваттметра; 15 – ваттметр; 16 – катушка ваттметра; 17 – катушка ваттметра, получающая ток от обмоток генератора; 18 – усилитель; 19 – переменное сопротивление

Лекция 5 ОКРАСКА ОБЪЕКТОВ РЕМОНТА

1. Лакокрасочные материалы и их составы. Технология окраски.
2. Выдача объекта из ремонта.
3. Методы восстановления изношенных поверхностей детали.

Лакокрасочные материалы и их составы. Технология окраски

Общие сведения о лакокрасочных материалах и покрытиях. 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.

К основным компонентам таких материалов относят пленкообразующие вещества, растворители и пигменты. Кроме того, в их состав могут входить пластификаторы, сиккати-вы, 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.

В зависимости от химического состава (рода пленкообразующего вещества) лакокрасочные материалы подразделяют на 42 основные группы (ГОСТ 9825): перхлорвиниловые — ХВ, пентафталевые — ПФ, глифталевые — ГФ, алкидно-акриловые — АС, сополимерно-акриловые — АК, нитроцеллюлозные — НЦ, фенольные — ФЛ, меламиновые — МЛ, алкидно- и масляно-стирольные — МС, эпоксидные — ЭП, полиуретановые — УР, кремнийорганические — КО, битумные — БТ и др.

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.

Пигменты — это тонкоизмельченные цветные неорганические вещества, нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и способные создавать с пленкообразующими веществами лакокрасочные покрытия.

По происхождению пигменты подразделяют на природные, синтетические и металлические. Первые (мумия коричневая, охра, железный сурик, сиена, умбра коричневая и др.) получают измельчением, обогащением и термической обработкой горных пород и минералов. Вторые (свинцовые белила, цинковые белила, зелень свинцовая, кобальт синий, свинцовый сурик, оксид хрома и др.) образуются в результате сложных технологических процессов. Третьи (золотистая бронза, алюминиевая пудра, цинковая пудра, медный порошок и др.) представляют собой тонкоизмельченные порошки цветных металлов и их сплавов.

Пластификаторы — вещества, вводимые в лакокрасочные материалы для повышения эластичности покрытий. Для пластификации пленкообразующих веществ, приготовленных на синтетических смолах, используют дибутилфталат, диметилфталат и диэтилфталат.

Сиккативы — вещества, ускоряющие процесс высыхания лакокрасочного покрытия. Например, нафтенатные жидкие сиккативы марок НФ-1...НФ-8, представляющие собой прозрачные растворы в органическом растворителе солей тяжелых металлов (марганец, свинец, кобальт) дистиллированных нафтенновых кислот, ускоряют высыхание масляных лаков, эмалевых и масляных красок.

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.

Лак— раствор пленкообразующих веществ в органических растворителях или в воде, образующий после высыхания твердую прозрачную однородную пленку (за исключением битумных лаков, которые образуют непрозрачную пленку).

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

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

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

Грунтовка — суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в пленкообразующем веществе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку с хорошей адгезией к поверхности изделия и верхним слоям лакокрасочного покрытия и предназначенная для повышения его защитных свойств.

Шпатлевка — суспензия смеси пигментов с наполнителями в пленкообразующем веществе, используемая для заполнения неровностей и сглаживания окрашиваемой поверхности.

По назначению (применительно к условиям эксплуатации покрытий) основные лакокрасочные материалы (лаки, эмали, краски) делят на следующие группы: 1 — атмосферостойкие, 2 — ограниченно атмосферостойкие, 3 — консервационные, 4 — водостойкие, 5 — специальные, 6 — маслобензостойкие, 7 — химически стойкие, 8 — термостойкие, 9 — электроизоляционные и электропроводные.

Технологический процесс окраски машин. Процесс включает в себя: подготовку поверхности к окраске, грунтование, шпатлевание, нанесение наружных слоев покрытия,

сушку и контроль качества покрытий.

Подготовка поверхности деталей машин к окраске.

Лакокрасочные покрытия высокого качества могут быть получены только при тщательной очистке окрашиваемой поверхности от старой краски, продуктов коррозии, жировых и других загрязнений. Присутствие на поверхности изделия загрязнений органического или неорганического происхождения снижает, а иногда и полностью исключает возможность образования адгезионных связей между окрашиваемой поверхностью и покрытием.

В ремонтном производстве наиболее часто предварительно поверхности деталей обезжиривают щелочными растворами, органическими растворителями и пароструйным способом.

В качестве щелочных растворов используют водные растворы синтетических моющих средств МЛ-51, МЛ-52, МС-6, МС-8, МС-15, МС-17, МС-37, Лабомид-101, Лабомид-102, Лабомид-203, КМ-1 и Темп-100. Обезжиривают в моечных машинах или агрегатах для подготовки поверхности. Эти растворы пожаро- и взрывобезопасны, а также нетоксичны.

Из органических растворителей применяют бензин и уайт-спирит. С помощью них поверхности изделий протирают ветошью или промывают в ваннах. Однако такие растворители горючи, взрывоопасны и токсичны.

Более пригодны для обезжиривания негорючие и невзрывоопасные хлорированные углеводороды (трихлорэтилен, перхлорэтилен, метилхлорид, четыреххлористый углерод), хорошо растворяющие жировые загрязнения. Недостаток этих растворителей — токсичность паров. Поэтому обезжиривание хлорированными углеводородами возможно только на оборудовании, обеспечивающем безопасность обслуживающего персонала.

Сущность пароструйного способа обезжиривания заключается в воздействии на очищаемую поверхность пароводяной струи при температуре 60...95°C и давлении 0,8...2 МПа. Для повышения эффективности в воду добавляют моющие средства. Такое обезжиривание проводят с помощью

моечных машин ОМ-5359, ОМ-5360 и ОМ-2216.

Поверхности изделий, покрытых ржавчиной, перед окраской часто не очищают. Их обрабатывают химически активными веществами — модификаторами коррозии или преобразователями ржавчины, основным компонентом которых служит ортофосфорная кислота.

Перед нанесением преобразователей ржавчины поверхности изделия очищают от рыхлой и пластовой ржавчины механическим способом, а затем обезжиривают от масляных загрязнений уайт-спиритом или водным раствором ОП-7. Толщина продуктов коррозии на поверхности детали не должна превышать 100 мкм. Преобразователи ржавчины наносят кистью или краскораспылителем. После высыхания его рекомендуется дополнительно смачивать водой для повышения эффективности.

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.

Разведенную до рабочей вязкости грунтовку наносят на поверхность изделия краскораспылителем, электроосаждением или кистью. Грунт должен ложиться ровным тонким слоем, без пропусков и подтеков. С особой тщательностью его наносят на сварные швы, стараясь заполнить все поры.

Грунтовки — преобразователи ржавчины состоят из основы и кислотного отвердителя (ортофосфорной кислоты).

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.

После высыхания шпатлевка должна иметь высокую адгезию к грунтовочному слою и последующим слоям лако-

красочного покрытия, быть твердой, хорошо шлифоваться, не набухать и не выкрашиваться при мокрому шлифованию. Она не повышает защитные свойства лакокрасочного покрытия, но снижает его механическую прочность. Ее толстый слой может быть причиной растрескивания лакокрасочного покрытия, так как он недостаточно эластичен. Поэтому шпатлевать следует слоями толщиной 0,1 ...0,5 мм, а толщина всех слоев не должна превышать 0,5...2,0 мм. Слой наибольшей толщины (2...5 мм) можно нанести при использовании эпоксидной шпатлевки ЭП-0010. Не рекомендуется использовать более пяти слоев шпатлевки.

После высыхания каждого слоя покрытия шлифуют сухим или мокрым способом для устранения неровностей и шероховатости, улучшения адгезии и внешнего вида. При сухом способе используют шлифовальные шкурки на тканевой или бумажной основе, а при мокрому — водостойкие шлифовальные шкурки.

Нанесение наружных слоев лакокрасочного покрытия. Эта операция зависит от требований, предъявляемых к внешнему виду окрашиваемых поверхностей. Лакокрасочное покрытие может быть декоративным (у легковых автомобилей), обыкновенным (у грузовых автомобилей и тракторов) и защитным (у сельскохозяйственных машин).

Для получения декоративных покрытий выполняют многослойную окраску, уделяя особое внимание отделочным работам. На кузова легковых автомобилей наносят до шести слоев нитрозмали 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.

По принципу подачи краски распылители делят на две группы: с подачей краски от краскопультного бака и с ее подачей самотеком из прикрепленного сверху стаканчика. Вторую группу применяют при небольших объемах работ. Нормальная работа воздушного краскораспылителя достигается при давлении сжатого воздуха 0,25...0,55 МПа.

Все более широкое распространение находит безвоз-

душный способ распыления лакокрасочного материала под высоким давлением. Лакокрасочный материал из бачка подается насосом 7 (рис. 5.1) к краскораспылителю 5. Перед нанесением материал подогревают до температуры $70 \dots 100^\circ\text{C}$ в нагревателе 6 или же наносят без нагрева. Давление в системе подачи ($12 \dots 25$ МПа) создается плунжерным насосом 7 двойного действия с пневмоприводом, работающим от сети сжатого воздуха при давлении $0,4 \dots 0,7$ МПа. Давление регулируют с помощью клапана 3.

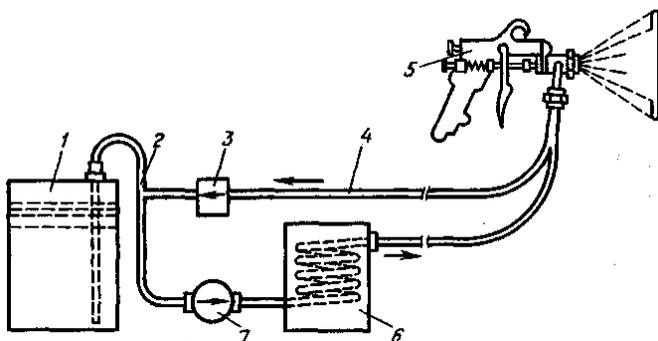


Рис. 5.1 Схема установки безвоздушного распыления:

1 – бачок для краски; 2 – питающая линия; 3 – регулирующий клапан; 4 – шланг; 5 – краскораспылитель; 6 – нагреватель; 7 – насос

К преимуществам безвоздушного распыления по сравнению с воздушным относят: снижение потерь на туманообразование на 25%; уменьшение расхода растворителей, так как можно использовать более вязкие лакокрасочные материалы; нанесение более толстых слоев, что позволяет наносить покрытие с меньшим числом слоев; использование менее мощной вентиляции; улучшение санитарно-гигиенических условий труда; повышение производительности труда рабочих; сокращение времени сушки. Покрытия получают высокого качества благодаря меньшей пористости и более равномерной толщине пленки.

При окраске в электрическом поле краскораспылитель соединяют с отрицательной, а окрашиваемое изделие — с положительной клеммами источника высокого напряжения и заземляют. Между изделием и распылителем создается электрическое поле, в котором частицы воздуха ионизируются. Под действием электрического поля положительные ионы направляются к распылителю, а отрицательные — к окрашиваемому изделию. Частицы лакокрасочного материала в результате взаимодействия с ионами приобретают отрицательный заряд и под влиянием электрического поля направляются к окрашиваемому изделию и осаждаются на его поверхности ровным слоем.

В качестве распылителей при нанесении покрытий в электрическом поле служат пневматические, безвоздушные или центробежные электростатические распылители в виде чаш или грибков различной формы.

К преимуществам окраски в электрическом поле по сравнению с другими способами относят: улучшение качества окраски; снижение потерь материала на 30...50%; упрощение системы вентиляции окрасочных камер; отсутствие гидрофильтров; значительное повышение производительности труда; создание наиболее благоприятных условий труда.

Однако в электрическом поле можно наносить покрытия только из лакокрасочных материалов с определенными электрофизическими свойствами. Для придания материалам этих свойств используют специальные разбавители: РЭ-1В, ВЭ-2В, ВЭ-3В и др. Промышленностью выпускается стационарное автоматическое оборудование, работающее при напряжении 100...140 кВ, и ручное — 30 кВ.

Сушка лакокрасочных покрытий. Лакокрасочные материалы, применяемые для нанесения наружных слоев покрытия, в результате испарения растворителя, окисления, конденсации или полимеризации пленкообразующего вещества образуют пленку. Испарение растворителя и другие процессы, протекающие в лакокрасочном покрытии, зависят от температуры нагрева и степени подвижности воздуха, соприкасающегося с покрытием. Испарение ускоряется при перио-

дической смене насыщенного парами растворителя окружающего воздуха.

В зависимости от применяемых материалов, организации производства и требований, предъявляемых к покрытию, сушку проводят в естественных условиях при температуре 18...23°C (холодная) или при более высокой температуре (горячая).

В зависимости от способа передачи теплоты покрытию различают конвекционный, терморadiaционный и терморadiaционно-конвекционный способы горячей сушки.

При конвекционном способе изделие с нанесенным лакокрасочным покрытием нагревают горячим воздухом, который поступает в сушильную камеру из калориферов. Покрытие нагревается медленно, так как теплота передается к изделию от расположенных близко к его поверхности слоев воздуха, обладающего незначительной теплопроводностью. Для увеличения скорости нагрева применяют принудительную циркуляцию воздуха внутри сушильной камеры с помощью мощных вентиляционных устройств. От поверхности изделия отводят охлажденный и подводят горячий воздух. Большая часть тепловой энергии расходуется на нагрев воздуха, меньшая — лакокрасочного покрытия.

Теплота подается к наружному слою покрытия. Высыхая, он образует твердую пленку *1* (рис. 5.2, а), препятствующую нагреванию и проникновению кислорода воздуха к нижележащим слоям покрытия, а также свободному выходу паров *4* растворителя. Последние при улетучивании разрыхляют твердую пленку *1* покрытия и ухудшают качество лакокрасочного покрытия. Чтобы снизить вредное влияние улетучивающегося растворителя, следует нагревать изделие с малой скоростью, что гарантирует более равномерное удаление растворителя из покрытия и улучшение его качества.

При терморadiaционном способе изделие нагревают инфракрасными лучами. Их источниками служат ламповые и темные излучатели. Ламповые излучатели — зеркальные лампы накаливания мощностью 250 и 500 Вт. Однако они не получили широкого применения на ремонтных предприятиях из-за медленной сушки и повышенного расхода электроэнергии.

гии, неравномерности нагрева изделия и короткого срока службы. Темные излучатели, представляющие собой металлические трубки с заключенными в них нихромовыми проволоками, по сравнению с ламповыми позволяют уменьшить время сушки в 3...4 раза и упростить конструкцию сушильной камеры, более экономичны и долговечны.

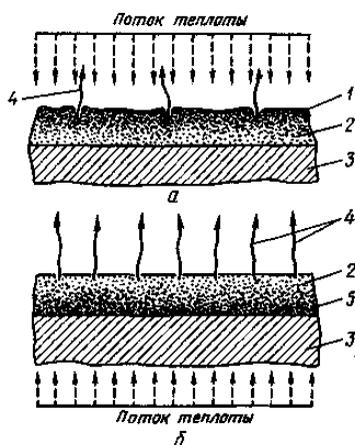


Рис. 5.2 Схемы конвекционного (а) и терморadiационного (б) способов сушки лакокрасочных покрытий:

1 – твердая пленка; 2 – незасохший слой; 3 – изделие; 4 – пары растворителя; 5 – нижний высохший слой

Инфракрасные лучи проникают через слой лакокрасочного покрытия, поглощаются поверхностью металлического изделия и в результате перехода лучистой энергии в тепловую быстро нагревают поверхность. Скорость передачи теплоты от источника инфракрасных лучей до поверхности велика, и теплота почти не расходуется на нагревание окружающего воздуха. Так как теплота подводится к покрытию от поверхности изделия 3 (рис. 5.2, б), то температура слоев покрытия, соприкасающихся с металлической поверхностью, выше, чем у наружных. Поэтому растворитель сначала испаряется из нижнего слоя 5, который высыхает первым. По мере нагрева покрытия по всей толщине растворитель испаряется более

интенсивно в вышележащих слоях и постепенно доходит до наружного слоя, затвердевающего последним. Недостатки терморadiационного способа:

при сушке изделий сложной конфигурации расстояния отдельных участков поверхности от теплоизлучателя различны, в результате чего более близкие участки могут пересыхать, а более удаленные — не досыхать;

невозможность сушить светлые эмали, так как белые пигменты, входящие в их состав, желтеют под влиянием инфракрасных лучей.

При терморadiационно-конвекционном способе изделия нагревают терморadiационным и конвекционным способами, что позволяет проводить горячую сушку как наружных поверхностей изделия, облучаемых инфракрасными лучами, так и недоступных инфракрасным лучам участков. Этот способ применяют при сушке в одной камере изделий различной конфигурации и размеров.

Применяемое оборудование



Рис. 5.3 Инфракрасная сушилка с тремя кассетами - Trommelberg IR3 Economy

Контроль качества лакокрасочных покрытий. Качество покрытий оценивают по внешнему виду, толщине, блеску, твердости, адгезии, прочности при изгибе и ударе, масло-

водо- и бензостойкости, стойкости к различным реагентам, свето- и термостойкости, атмосферостойкости и др. Рассмотрим некоторые из них.

Внешний вид покрытия сравнивают с эталоном или описанием, приведенным в нормативно-технической документации. Например, в стандарте на автомобильные эмали внешний вид лакокрасочного покрытия описывают так: пленка должна быть глянцевой, однородной, без расслаивания, морщин, оспин и посторонних включений, допускается небольшая шагрень; в проходящем свете на стекле пленка не должна иметь вкраплений.

Цвет пигментированных покрытий определяют по эталонам или с помощью спектрофотометров и калориметров.

Блеск измеряют количественно на фотоэлектрическом блескомере ФБ-2. Сущность фотоэлектрического метода заключается в измерении величины фототока, возбуждаемого пучком света. Последний отражается от поверхности испытываемого покрытия. Результаты измерения отсчитывают по шкале прибора в процентах. Прибор настраивают по темному увиолевому стеклу, блеск которого по этому прибору принимают за 65%. По степени блеска покрытия разделяют на следующие категории: высокоглянцевые (блеск свыше 60%), глянцевые (59...40%), полуглянцевые (39...25%), полуматовые (24...10%), матовые (13...9%), глубокоматовые (менее 3%). Их толщину измеряют с помощью микрометров, магнитных и электроиндукционных толщиномеров.

Твердость лакокрасочного покрытия определяют методом царапания или оставления следа на испытываемом покрытии графитовыми стержнями различной твердости. Однако наиболее точные измерения можно получить на маятниковых приборах. Твердость определяют в условных единицах, соответствующих отношению времени затухания колебаний установленного на лакокрасочном покрытии маятника ко времени затухания размещенного на пластинке из фотостекла этого же маятника.

Адгезию покрытия к поверхности изделия определяют методами решетчатых надрезов, параллельных надрезов с при-

менением липкой ленты и отслаивания. При методе решетчатых надрезов на покрытии бритвой или скальпелем делают по линейке на расстоянии 1...2 мм не менее пяти параллельных и пяти перпендикулярных к ним надрезов. После этого поверхность очищают кистью от отслоившихся кусочков, по числу которых судят об адгезии лакокрасочного покрытия.

Испытание покрытий на изгиб заключается в определении минимального диаметра стального стержня, при изгибании на котором окрашенной металлической пластинки толщиной 0,25...0,31 мм, шириной 20...50 и длиной 100...150 мм лакокрасочное покрытие не разрушается.

Прочность покрытий при растяжении определяют на образцах размером 10×30 мм, вырезанных из свободной лакокрасочной пленки. Образец растягивают на разрывной машине под действием равномерно возрастающей нагрузки до разрыва пленки. После этого находят предел прочности при растяжении, относительное удлинение и модуль упругости.

Водостойкость — способность лакокрасочного покрытия выдерживать без изменения воздействие пресной или морской воды; *маслостойкость* — способность покрытия выдерживать действие минеральных масел и консистентных смазок; *бензостойкость* — способность покрытия выдерживать пребывание в бензине, керосине и других нефтепродуктах, не содержащих ароматических соединений; *химическая стойкость* — способность покрытия сохранять защитные свойства в условиях воздействия различных химических реагентов (кислот, щелочей и др.). При определении перечисленных свойств стальные пластинки с лакокрасочным покрытием опускают в соответствующие жидкости, выдерживают определенное время, а затем осматривают. Покрытие не должно быть разрушенным.

Метод определения условной светостойкости основан на облучении покрытий источниками искусственного света в течение заданного времени с последующим выявлением изменения цвета, внешнего вида и блеска.

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

стинки с покрытием испытывают в термостате в течение заданного времени. После этого покрытие должно удовлетворять по внешнему виду и прочности при изгибе и ударе требованиям стандартов или техническим требованиям.

Морозостойкость — способность лакокрасочного покрытия сохранять внешний вид и физико-механические свойства при низких температурах. Испытания на морозостойкость проводят в холодильных камерах. Покрытие считают выдержавшим испытание, если оно не растрескивается и сохраняется без изменений.

Выдача объекта из ремонта

Выдача изделий из ремонта(ГОСТ 28.201–74) производится исполнителем и оформляется актом, в котором должны содержаться сведения о соответствии технического состояния и комплектности изделия требованиям ремонтных документов и о модернизации изделия, если она выполнена.

Отремонтированные изделия должны быть подвергнуты приемо-сдаточным испытаниям.

К выдаваемому из ремонта изделию исполнитель должен прилагать:

- паспорт или формуляр предприятия изготовителя с отметкой о проведенном ремонте;
- акт о выдаче изделий из ремонта;
- документ о консервации и упаковке по ГОСТ 2.602–68 (при транспортировании изделия заказчику);
- дополнение к инструкции по эксплуатации и (или) техническому обслуживанию, если при ремонте на изделие установлены сборочные единицы и детали, отличающиеся от установленных ранее.

Качество отремонтированных агрегатов и машин должно соответствовать требованиям технических условий на ремонт.

Исполнитель должен выдавать изделия из ремонта исправными и гарантировать соответствие их качества требованиям, установленным в ремонтной документации, при соблюдении заказчиком условий и правил эксплуатации, установленных в эксплуатационной документации.

Гарантийные обязательства должны быть предусмотрены в соответствующих нормативно-технических документах и отражены в акте на выдачу изделия из ремонта и (или) паспорте (формуляре) предприятия-изготовителя.

На каждый выпускаемый из ремонта автомобиль авторемонтное предприятие (АРП) выдает заказчику паспорт, в котором делают отметки о выполненном ремонте, фиксируют его комплектность, техническое состояние и соответствие отремонтированного автомобиля техническим условиям на капитальный ремонт. Технические условия устанавливают гарантированную исправную работу автомобиля в течение определенного времени наработки (срока службы за этот период). Срок службы и наработка гарантированы при условии эксплуатации автомобилей в соответствии с Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.

При выпуске из капитального ремонта к каждой машине прилагаются следующие документы: паспорт с отметкой ремонтного завода о проведенном ремонте, указанием даты выпуска из ремонта, новых номеров шасси и двигателя, а также основного цвета окраски; инструкция по эксплуатации с указанием особенностей эксплуатации отремонтированной машины в обкаточный и гарантийный периоды, а также периодов и методов организации устранения дефектов в гарантийный период; к двигателю — паспорт, инструкция по эксплуатации с указанием особенностей установки и эксплуатации двигателя в обкаточный и гарантийный периоды. Выпуск из капитального ремонта машин, их составных частей и деталей (комплектов деталей) оформляется соответствующим приемо-сдаточным актом.

Методы восстановления изношенных поверхностей детали

Изнашивание поверхностей и старение материала деталей приводит к нарушению исходной посадки, что проявляется в увеличении зазора в соединениях с ним, или уменьшению натяга в соединениях с натягом.

Существуют различные методы восстановления поса-

док при ремонте машин.

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

Нередко конструкцией механизмов предусматривается автоматическое регулирование зазора, например между тормозными колодками и тормозным барабаном колеса автомобиля.

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 привода гусеничного полотна трактора, две одинаковые поверхности полевой доски корпуса плуга и т.п.

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

В случае свободных размеров для достижения начального зазора или натяга в соединении поверхности более дорогой детали обычно обрабатывают до удаления искажения геометрической формы и изготавливают для комплектации соединения менее дорогую деталь под этот размер. Например, отверстие под втулку верхней головки шатуна растачивают до получения цилиндрической формы. Изготавливают втулку под полученный свободный размер с учетом ее посадки с требуемым натягом.

Методика расчета ремонтных размеров. Ремонтный размер зависит от износа детали, припуска на обработку и условий, налагаемых рабочим процессом самой машины в отношении сохранения первоначального положения геомет-

рической оси обрабатываемой детали, что обычно оговаривается требованиями завода-изготовителя.

Характерный для определенной поверхности детали износ и поле рассеивания его значений устанавливают микрометражом после разборки соединений в машинах, эксплуатировавшихся в рядовых условиях в разных агроклиматических зонах страны. Для заблаговременного решения вопроса о ремонтных размерах используют информацию по машинам-аналогам, руководствуясь принципом преемственности конструкций и повторяемости условий эксплуатации.

Припуск на обработку назначают с учетом характера обработки, типа и технологической точности оборудования, размера и материала детали.

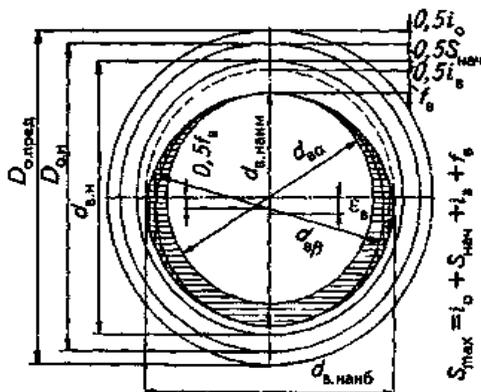


Рис. 5.4 Схема для расчета ремонтных размеров вала:

$f_о$ — износ отверстия; $S_{нач}$ и $S_{макс}$ — начальный и максимальный зазоры в соединении; $i_в$ и $i_в'$ — равномерный и односторонний износы вала; $d_{во}$ и $d_{вб}$ — диаметры вала с сохранением и без сохранения первоначального положения геометрической оси; $d_{в.н}$ и $D_{о.н}$ — номинальные диаметры вала и отверстия; $d_{в.наиб}$ — наибольший диаметр вала, обусловленный его равномерным износом; $d_{в.наим}$ — наименьший диаметр вала, обусловленный равномерным и односторонним износами; $D_{о.пред}$ — предельный диаметр отверстия; $\epsilon_в$ — допустимое смещение первоначального положения геометрической оси вала

Изложим методику расчета ремонтных размеров на примере соединения вал–подшипник. Примем общий случай: восстанавливаемая деталь — вал, который изнашивается неравномерно (рис. 5.4). Считаем, что вал — это шейка коленчатого вала двигателя, которую при ремонте обрабатывают за счет снятия материала поверхности до ремонтного размера. Подшипник — это тонкостенный разъемный вкладыш, заменяемый при ремонте на вкладыш ремонтного размера.

Межремонтный интервал w в двух случаях определяют следующим образом:

рабочий процесс машины не допускает смещения первоначального положения геометрической оси вала,

$$w_{\alpha} = i_{\text{в}} + f_{\text{в}} + \Delta_{\text{в}}, \quad (5.1)$$

где $i_{\text{в}}$ — равномерный износ вала, мм;

$f_{\text{в}}$ — односторонний износ вала, мм;

$\Delta_{\text{в}}$ — припуск на обработку на диаметр вала, мм;

рабочий процесс машины допускает (в определенном пределе $\epsilon_{\text{в}}$) смещение первоначального положения геометрической оси вала,

$$w_{\beta} = i_{\text{в}} + \Delta_{\text{в}}. \quad (5.2)$$

Очевидно, что ряд ремонтных размеров определяют так:

$$\begin{aligned} d_{\text{р1}} &= d_{\text{в.н}} - w_{\alpha(\beta)}; \\ d_{\text{р2}} &= d_{\text{р1}} - w_{\alpha(\beta)}; \\ d_{\text{рn}} &= d_{\text{р(n-1)}} - w_{\alpha(\beta)}, \end{aligned} \quad (5.3)$$

где $d_{\text{в.н}}$ — номинальный диаметр вала, мм.

Число ремонтных размеров

$$n_{\text{в}} = (d_{\text{в.н}} - d_{\text{в.мин}}) / w_{\alpha(\beta)}, \quad (5.4)$$

где $d_{\text{в.мин}}$ — минимальный допустимый диаметр вала, мм.

Если при восстановлении посадки методом ремонтных размеров оставляемой деталью служит не вал, а охватывающая деталь (например, гильза двигателя, рис. 5.5), то ряд ремонтных размеров представляют так:

$$\begin{aligned} D_{p1} &= D_{o.n} - W_{\alpha(\beta)}; \\ D_{p2} &= D_{p1} - W_{\alpha(\beta)}; \\ &\dots\dots\dots \\ D_{pn} &= D_{p(n-1)} - W_{\alpha(\beta)}, \end{aligned} \quad (5.5)$$

где $D_{o.n}$ — номинальный диаметр отверстия, мм; $W_{\alpha} = i_o + f_o + \Delta_o$ — межремонтный интервал для отверстия в случае, если рабочий процесс машины не допускает смещения первоначального положения геометрической оси отверстия, мм [здесь i_o — равномерный износ отверстия, мм; f_o — односторонний износ отверстия, мм; Δ_o — припуск на обработку на диаметр отверстия, мм]; $W_{\beta} = i_o + \Delta_o$ — межремонтный интервал для отверстия в случае, если рабочий процесс машины допускает (в определенном пределе ε_o) смещение первоначального положения геометрической оси отверстия, мм.

Необходимо иметь в виду, что при положительном значении $(0,5f_{\beta} - \varepsilon_{\beta})$ этот результат добавляется при определении w_{β} (см. рис. 5.4), поскольку половина одностороннего износа превышает допустимое смещение первоначального положения геометрической оси вала. Это замечание справедливо и при определении W_{β} , если разность $(0,5f_o - \varepsilon_o)$ также окажется положительной (см. рис. 5.5).

Число ремонтных размеров

$$N_o = (D_{o.max} - D_{o.n})/W_{\alpha(\beta)}, \quad (5.6)$$

где $D_{o.max}$ — максимальный допустимый диаметр отверстия (охватывающей детали), мм.

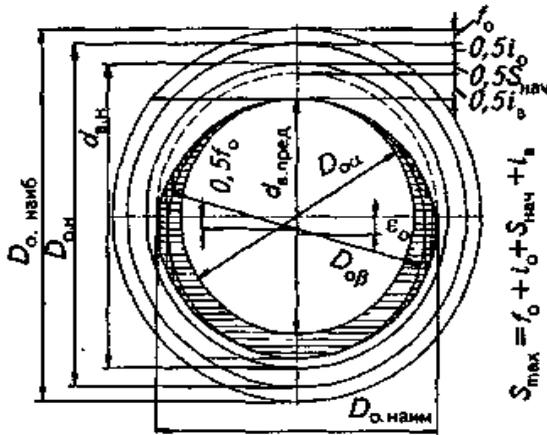


Рис. 5.5 Схема для расчета ремонтных размеров отверстия:

f_o – односторонний износ отверстия; i_o – равномерный износ отверстия; $S_{нач}$ и $S_{макс}$ – начальный и максимальный зазоры в соединении; $i_в$ – износ вала; $D_{оо}$ и $D_{об}$ – диаметр отверстия с сохранением и без сохранения первоначального положения геометрической оси; $D_{он}$ и $d_{вн}$ – номинальные диаметры отверстия и вала; $D_{о.наим}$ – наименьший диаметр отверстия, обусловленный его равномерным износом; $D_{о.наиб}$ – наибольший диаметр отверстия, обусловленный равномерным и односторонним износами; $d_{в.пред}$ – предельный диаметр вала; ϵ_o – допустимое смещение первоначального положения геометрической оси

Пример 1. Установить ремонтные размеры для шатунных шеек коленчатого вала двигателя по следующим исходным данным:

чертежный диаметр шейки $d_{в.н} = 60^{-0,013}$ мм;

минимальный допустимый диаметр шейки $d_{в.мин} = 59$ мм;

припуск на обработку на диаметр $\Delta_в = 0,2$ мм;

наибольшие значения диаметров шеек ($d_{в.наиб}$), полученные при их микрометрировании при достижении предельного зазора в соединении ($S_{макс} = 0,15$ мм) с доверительной

вероятностью 0,95, оказались не меньше 59,56 мм;

наименьшие значения диаметров шеек ($d_{в.наим}$), полученные по тем же шейкам с той же вероятностью, оказались не меньше 59,90 мм;

завод-изготовитель не допускает при ремонте изменения радиуса кривошипа ($\epsilon_B = 0$).

Равномерный износ шейки вала

$$i_B = d_{в.н} - d_{в.наиб} = 60 - 59,96 \text{ мм} = 0,04 \text{ мм.}$$

Односторонний износ шейки вала

$$f_B = d_{в.наиб} - d_{в.наим} = 59,96 - 59,90 \text{ мм} = 0,06 \text{ мм.}$$

Межремонтный интервал

$$w_\alpha = i_B + f_B + \Delta_B = 0,04 + 0,06 + 0,2 \text{ мм} = 0,3 \text{ мм.}$$

Число ремонтных размеров

$$n = \frac{d_{в.н} - d_{в.мин}}{w_\alpha} = \frac{60 - 59}{0,3} = 3,33.$$

Ряд ремонтных размеров шатунной шейки:

$$d_{p1} = d_{в.н} - w_\alpha = 60 - 0,3 \text{ мм} = 59,7 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = d_{p1} - w_\alpha = 59,7 - 0,3 \text{ мм} = 59,4 \text{ мм};$$

$$d_{p3} = d_{p2} - w_\alpha = 59,4 - 0,3 \text{ мм} = 59,1 \text{ мм.}$$

Лекция 6

СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

1. Восстановление деталей постановкой дополнительных ремонтных деталей.
2. Выбор метода и режима механической обработки.
3. Сущность способа восстановления деталей пластическим деформированием.

Восстановление деталей постановкой дополнительных ремонтных деталей

Применение слесарной обработки.

Слесарные работы обычно применяются в качестве работ, дополняющих или завершающих механическую обработку восстанавливаемых деталей. Их применяют также при подготовке деталей к восстановлению другими способами, например, к сварке, пайке, склеиванию и т.п. К слесарным относятся такие виды как опиловка при подгонке поломанных частей детали, сверление, развертывание и зенкерование отверстий, прогонка и нарезание резьбы, шабрение, притирка и доводка для более плотного прилегания поверхностей, разделка трещин под сварку, зачистка заусенцев, штифтовка трещин, наложение заплат и т.п.

Ручной труд слесарей в последнее время все более механизмуется путем внедрения механизированного инструмента, а количество слесарных работ постоянно уменьшается за счет повышения технологической культуры ремонтного производства.

Обработка деталей под ремонтный размер

Механическая обработка при ремонте машин применяется как самостоятельный способ восстановления деталей, а также в качестве операций, связанных с подготовкой или окончательной обработкой деталей, восстановленных другими способами.

В практике ремонтного производства нашли применение такие способы восстановления деталей механической об-

работкой, как обработка изношенных или поврежденных поверхностей деталей под ремонтный размер и постановка дополнительных ремонтных деталей.

Обработка деталей под ремонтный размер. При этом способе восстановления одна из сопряженных деталей, обычно наиболее сложная и дорогостоящая (например, коленчатый вал), обрабатывается под ремонтный размер, а вторая (например, вкладыши подшипников) заменяется новой или восстановленной также до ремонтного размера. Обработкой под ремонтный размер восстанавливают геометрическую форму, требуемую шероховатость и точностные параметры изношенных поверхностей деталей.

Восстанавливаемые поверхности деталей могут иметь несколько ремонтных размеров. Их величина и количество зависят от величины износа детали за межремонтный пробег машины, от припуска на обработку и от запаса прочности детали. Методика расчета количества ремонтных размеров была изложена выше.

Этим способом восстанавливают коренные и шатунные шейки коленчатых валов, опорные шейки распределительных валов, гильзы цилиндров и многие другие детали. К числу преимуществ этого способа восстановления деталей следует отнести: простоту технологического процесса и применяемого оборудования; высокую экономическую эффективность; сохранение взаимозаменяемости деталей в пределах определенного ремонтного размера. К недостаткам этого способа относятся: увеличение номенклатуры запасных частей, поставляемых промышленностью; некоторое усложнение организации процессов комплектования деталей, сборки узлов и хранения деталей на складах.

Постановка дополнительных ремонтных деталей

Дополнительные ремонтные детали (ДРД) применяют с целью компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части детали.

В первом случае ДРД устанавливают непосредственно на изношенную поверхность детали. Этим способом восстанавливают посадочные отверстия под подшипники качения в

картерах коробок передач, задних мостах, ступицах колес; отверстия с изношенной резьбой и другие детали.

В зависимости от вида восстанавливаемой поверхности ДРД могут иметь форму гильзы, кольца, шайбы, пластины, резьбовой втулки или спирали.

Если на детали сложной формы изношены отдельные поверхности, то ее можно восстановить путем полного удаления поврежденной части и постановки вместо нее заранее изготовленной дополнительной ремонтной детали. Этот способ применяют при восстановлении крышек коробок передач, блоков шестерен, ведущей шестерни коробки передач, кузовов и кабин автомобилей и других деталей.

Ремонт резьбовых отверстий резьбовыми спиральными вставками

Наиболее интенсивно изнашиваются резьбовые отверстия в деталях из алюминиевых сплавов (30...35 %) и чугуна (10...12 %). В меньшей степени изнашиваются резьбовые отверстия в стальных деталях (3...5 %). Чаще изношены резьбы размером М8, М10, М12, М14 и М16.

Способы восстановления резьбовых отверстий за счет образования новой резьбы большего размера и заварки отверстий со сверлением и нарезанием резьбы имеют ограниченное применение. Установка спиральных вставок — относительно новый способ ремонта резьбовых отверстий в чугунных, стальных и алюминиевых деталях.

Эффективно восстановление резьбы путем установки *спиральных вставок* из ромбической проволоки. Материал спиральной вставки — аустенитная хромоникелевая сталь. Вставка представляет собой пружинящую спираль с концентрическими резьбами (внутренней и наружной) высокой точности. Производитель вставок (товарное название "Heli-coil") — фирма VoUhoff (Германия). Для завинчивания спираль имеет на одном конце поводковый усик. Внешний диаметр вставки в свободном состоянии перед установкой больше, чем соответствующий диаметр резьбы в отверстии, что обеспечивает натяг в соединении.

Способ позволяет повысить прочность резьбовых от-

верстий, восстанавливать резьбы в тонкостенных деталях под номинальный размер и снизить износ резьбовой поверхности при разборке и сборке агрегата. Соединения со спиральными вставками хорошо работают при динамических нагрузках. Прочность таких соединений на 35...40 % выше, а частота их отказов в 5...7 раз ниже, чем соединений без вставок в теле корпусной детали.

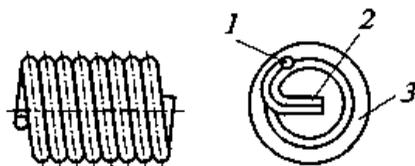


Рис. 6.1 Спиральная резьбовая вставка:
1 – прорезь; 2 – поводок; 3 – спираль

Технология ремонта_1

Для ремонта резьбовых отверстий применяют комплект инструмента и оснастки ОР-5526-ГосНИТИ. Для удобства работы этот комплект размещен в двух металлических коробках. В одной коробке размещен комплект № 1 для ремонта резьбовых отверстий от М8 до М14, в другой — комплект № 2 для ремонта резьбовых отверстий от М16 до М20. Каждый комплект состоит из сверл для рассверливания изношенных резьбовых отверстий, метчиков для нарезания резьбы в рассверленных отверстиях под спиральные вставки, ключей для ввертывания спиральных вставок, бородков для удаления технологического поводка в спиральных вставках, трехгранных ключей для вывертывания бракованных вставок, набора специальных (резьбовых) вставок.

Процесс ремонта неисправных резьбовых отверстий спиральными вставками состоит из дефектации резьбовых отверстий; рассверливания изношенной резьбы в детали до определенного размера; нарезания новой резьбы с тем же шагом под спиральную вставку; установки спиральной вставки; удаления технологического поводка; контроля отремонтиро-

ванного резьбового соединения.

Дефектацию резьбового отверстия производят осмотром или проходным и непроходным резьбовыми калибрами требуемых размеров. Если при внешнем осмотре обнаружено более двух ниток сорванной или смятой резьбы либо при проверке резьбовыми калибрами-пробками непроходной калибр ввертывается полностью в проверяемое резьбовое отверстие, то оно подлежит ремонту. Подлежащие ремонту отверстия рассверливают до определенного размера. Отверстие не цекуют во избежание трудностей при ввинчивании ДРД.

Технология ремонта_2

В рассверленном отверстии соответствующим стандартным метчиком нарезают необходимую резьбу, например, для резьбы М12×1,75 — резьбу М14×1,75. Резьбу в отверстии-ях нарезают на ту же глубину, что была до рассверливания.

Спиральную вставку надевают на головку ключа так, чтобы технологический поводок вставки вошел в паз на головке ключа. Затем ключ устанавливают перпендикулярно поверхности подготовленного резьбового отверстия и, вращая за рукоятку, ввертывают вставку в резьбовое отверстие до тех пор, пока верхний виток вставки не будет утопать на 1...1,5 витка от поверхности детали. После ввертывания ключ, перемещая за рукоятку, снимают с технологического поводка спиральной вставки. Технологический поводок удаляют с помощью бородка соответствующего размера ударом молотка. Выступление вставки из детали не допускается.

Для удаления поврежденной вставки используют трехгранный ключ. Его устанавливают перпендикулярно поверхности детали, где находится отверстие с резьбовой вставкой, которую необходимо удалить, и резким ударом молотка вгоняют ключ во вставку до середины диаметра первого витка, затем, вращая ключ против часовой стрелки, удаляют вставку.

Отремонтированное спиральной вставкой резьбовое отверстие контролируют резьбовыми калибр-пробками или новым болтом соответствующего размера, которые должны ввертываться вручную на всю глубину спиральной вставки без заедания.

Выбор метода и режима механической обработки

Выбор метода и режима механической обработки восстанавливаемых деталей в значительной степени осложняется: высокой твердостью обрабатываемых поверхностей, так как при изготовлении они подвергаются химико-термической обработке; неравномерностью распределения припусков на обрабатываемых поверхностях; специфическими физико-механическими свойствами металлопокрытий, применяемых для компенсации износа деталей; неоднородностью этих свойств на различных участках восстанавливаемых поверхностей и т.п.

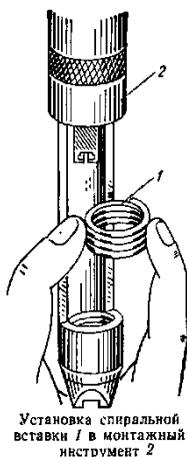


Рис. 6.2

В зависимости от твердости наплавленного металла обработку ведут на токарных или шлифовальных станках. При твердости наплавленного металла менее HRC 35...40 можно применять токарную обработку резцами с пластинками из твердого сплава.

Если твердость наплавленного металла превышает HRC 35...40, то восстанавливаемую поверхность обрабатывают шлифованием. Сначала при пониженных режимах резания

проводят черновое шлифование, а затем чистовое.

Особенности механической обработки напыленных покрытий связаны с повышенной их хрупкостью, пористостью и твердостью. В зависимости от твердости этих покрытий и величины припуска обработку выполняют точением или шлифованием. При точении напыленных покрытий рекомендуется применять резцы с пластинками из твердых сплавов. Обработку ведут на пониженных режимах резания. Скорость резания должна быть не более 60...80 м/мин, глубина резания не выше 0,1...0,3 мм, а подача — 0,1...0,2 мм/об.

Шлифование деталей, напыленных износостойкими покрытиями с высокой твердостью, рекомендуется выполнять алмазными кругами на вулканитовой связке, а при их отсутствии мелко- и среднезернистыми карборундовыми кругами на керамической связке. Режим шлифования: скорость резания 30...35 м/с; продольная подача в долях ширины круга (В) 0,3...0,4 В мм/об; поперечная подача 0,005...0,010 мм на двойной ход стола.

Хромированные детали ввиду высокой твердости электролитического хрома обрабатывают обычно шлифованием. При выборе режима шлифования хромированных деталей необходимо учитывать пониженную теплопроводность хрома и возможность перегрева покрытия, вызывающего изменение его свойств. Неправильный выбор режима шлифования может привести к снижению микротвердости покрытия и возникновению шлифовочных трещин не только в покрытии, но и в основном металле. Шлифовочные трещины особенно опасны, так как они являются концентраторами напряжений и снижают усталостную прочность восстановленных деталей.

Шлифование хромированных деталей следует проводить электрокорундовыми шлифовальными кругами при режиме: скорость резания 30...35 м/с; поперечная подача 0,002...0,005 мм на двойной ход стола; продольная подача 2...10 мм/об; расход охлаждающей жидкости не менее 25...30 л/мин.

Детали с хромовыми покрытиями, нанесенными с декоративными целями, подвергаются полированию, которое проводят с мягкими кругами с применением полировальных паст ГОИ.

Основной особенностью механической обработки деталей с покрытиями из синтетических материалов (пластмасс) является их низкая теплопроводность и недопустимость нагрева реактопластов до температуры более 150...160°C, а термопластов — до температуры более 120°C. При обработке пластмассовых покрытий необходимо применять хорошо заточенный инструмент из теплостойкого материала с интенсивным охлаждением сжатым воздухом или керосином. Применение охлаждающих жидкостей недопустимо, так как при повышенной температуре они могут образовывать с пластмассой соединения, вредно влияющие на здоровье рабочих. Рекомендуется применять токарную обработку при высоких скоростях резания (до 250...300 м/мин) и при очень малых (до 0,1...0,2 мм/об) подачах.

Сущность способа восстановления деталей пластическим деформированием

Восстановление деталей способом пластического деформирования основано на свойстве металла детали изменять свою форму и размеры без разрушения в результате пластической деформации, развивающейся вследствие приложения внешней нагрузки. Объем металла детали остается постоянным, но металл перемещается с ее нерабочих участков на участки, подверженные изнашиванию. Деталь деформируют до получения на изношенных участках номинальных размеров с учетом припусков на механическую обработку.

Способность металлов к пластической деформации зависит от их пластических свойств, которые, в свою очередь, зависят от химического состава, структуры, температуры нагрева и скорости деформации. Чистые металлы имеют наибольшую пластичность, которая снижается с введением в их состав легирующих элементов.

Деформация сталей при комнатной температуре приводит к их упрочнению (наклепу): зерна металла вытягиваются в направлении деформации, и кристаллографические решетки искажаются. Твердость и прочность увеличиваются, а относительное удлинение и ударная вязкость уменьшаются. С уве-

личением деформации упрочнение растет. Дальнейшая деформация затрудняется, и в момент, когда она становится совсем невозможна, наступает разрушение металла.

При нагреве повышается пластичность металла, снижается сопротивление деформированию, процесс которого не сопровождается его разрушением. Деформирование деталей из углеродистых сталей рекомендуется проводить при температуре 1250...800°C, из легированных сталей — 1150...850 и из бронзы — 850...700°C.

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

Технологический процесс восстановления деталей пластическим деформированием зависит от материала, конструкции и термической обработки изношенной детали, принятого способа нагрева и оборудования. В зависимости от направления действия внешних сил и требуемого перераспределения металла в ремонтном производстве используют следующие разновидности деформирования: правку, осадку, раздачу, обжатие, вытяжку, накатку, электромеханическую обработку, поверхностное пластическое деформирование и др.

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

При правке статическим нагружением (в холодном или нагретом состоянии) с помощью прессы или различных приспособлений к детали прикладывают нагрузку, изгибающий или вращающий момент, совпадающий по направлению с направлением требуемой деформации.

Большинство изделий правят под прессом в холодном состоянии. Чтобы получить требуемую остаточную деформацию детали, необходимо приложить к ней усилие, создающее ее полную деформацию, в 10...15 раз превышающую остаточную. Усилие для правки валов, H ,

$$P = \frac{3fEI\delta}{a^2b^2}, \quad (6.1)$$

где f — стрела прогиба вала при правке, мм ($f = 10\delta$; δ — деформация вала до правки, мм);

E — модуль упругости, Н/мм²;

I — осевой момент инерции, мм⁴;

l — длина вала, мм;

a и b — расстояния от точки приложения усилия до опор, мм.

Нагрузку прикладывают к детали несколько раз в течение 1,5...2 мин для повышения точности деформации.

При холодной правке в деталях возникают внутренние напряжения, которые при работе восстановленных деталей постепенно снижаются, что приводит к их деформациям и изменению геометрической формы. Например, под действием внутренних напряжений непараллельность осей шатунов может в 7...8 раз превышать допустимое значение. Холодная правка также способствует снижению усталостной прочности на 15...20 %.

Для повышения стабильности геометрической формы и увеличения усталостной прочности деталь подвергают термической обработке после холодной правки. Ее нагревают до температуры 400...500°С и выдерживают 0,5...1 ч. Однако это допустимо лишь для деталей (шатуны, балки передних мостов автомобилей и др.), термообработку которых при изготовлении проводили при температуре не ниже 450...500°С. Детали, подвергнутые при изготовлении закалке ТВЧ (коленчатые и распределительные валы и др.), нельзя нагревать до температуры 450...500°С, так как при этом ухудшаются физико-механические свойства рабочих поверхностей. Их рекомендуется нагревать до температуры 180...200°С и выдерживать в печи 5...6 ч.

Сущность правки наклепом состоит в том, что при ударах пневматическим молотком с закругленным бойком или ручным молотком со сферическим бойком по поверхности

детали создаются напряжения сжатия, которые ее выпрямляют. Размер участков для наклепа и глубину наклепанного слоя определяют опытным путем в зависимости от степени изгиба, формы и размеров детали.

После нанесения ударов сферическим бойком по вогнутой стороне бруска и внутренней стороне щек брусков (рис. 6.3, *а*) и коленчатый вал (рис. 6.3, *б*) выправляются и принимают форму, показанную на рисунке пунктирными линиями. Направление ударов изображено стрелками.

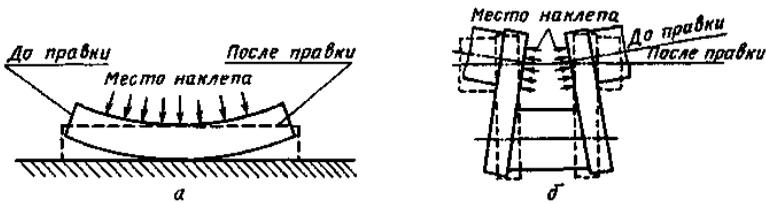


Рис. 6.3 Схемы правки наклепом:
а — бруска; *б* — коленчатого вала

Правку с предварительным нагревом проводят при больших деформациях. Деформированные участки нагревают до температуры 800...900°С. По сравнению с холодной правкой снижается усилие деформирования и металл деформируется по сечению более равномерно. Однако меняются его структура и механические свойства. Поэтому после правки детали часто подвергают соответствующей термической и механической обработкам.

Осадку применяют для уменьшения внутреннего и увеличения наружного диаметра полых и сплошных деталей. Площадь поперечного сечения детали увеличивается, а высота (длина) уменьшается. Направление действующей силы P совпадает с направлением деформации детали (рис. 6.4, *а*). Требуемое давление, МПа,

$$q = \sigma_T [1 + d/(6h)], \quad (6.2)$$

где σ_T — предел текучести материала детали, МПа;
 d и h — диаметр и длина детали, мм.

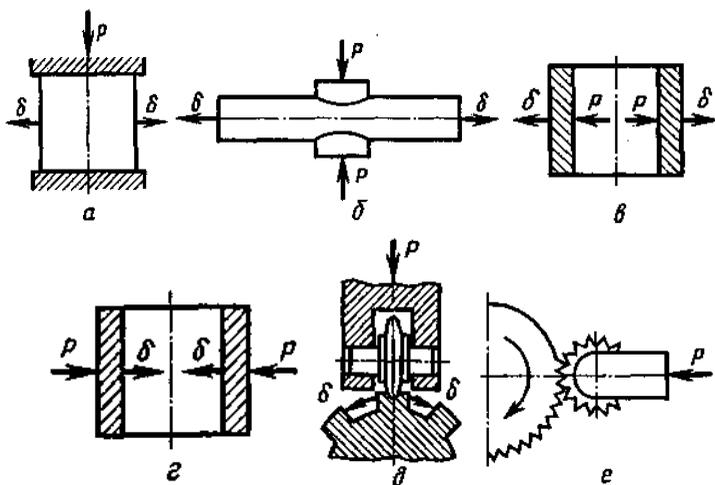


Рис. 6.4 Схемы восстановления деталей пластическим деформированием:

a – осадка; b – вытяжка; $в$ – раздача; $г$ – обжатие;
 $д$ – вдавливание; e – накатка

Осадку выполняют нанесением сильных ударов кувалдой или верхним бойком пневматического ковочного молота по детали, установленной на наковальне или нижнем бойке молота перпендикулярно к их рабочим поверхностям.

Осадкой восстанавливают втулки верхней головки шатунов и шкворней, вилки карданных валов, толкатели двигателей, ступицы ведомых дисков сцепления и др.

Для увеличения площади поперечного сечения детали не по всей длине, а в ее средней или концевой части проводят неполную осадку, которую называют *высадкой*. В этом случае нагревают только осаживаемую часть. Так наиболее часто восстанавливают шейки валов и осей.

Вытяжку и растяжку используют для увеличения длины деталей (тяг, штанг, шатунов, рычагов и др.) за счет уменьшения ее поперечного сечения. При вытяжке направление деформирующей силы P (рис. 6.4, б) не совпадает с

направлением деформации, а при растяжке — совпадает.

Рабочие органы почвообрабатывающих машин (лемеха, культиваторные лапы и др.) восстанавливают *оттяжкой*.

Раздачу применяют для увеличения наружных размеров полых деталей за счет увеличения их внутренних размеров. Она характеризуется совпадением направления деформирующей силы P (рис. 6.4, в) с направлением деформации δ . После нее наружный диаметр детали должен быть равен номинальному диаметру с учетом припуска на механическую обработку.

Давление при раздаче, МПа,

$$q = 1,1 \sigma_T \ln R/r, \quad (6.3)$$

где R и r — наружный и внутренний радиусы восстанавливаемой детали, мм.

Так восстанавливают поршневые пальцы, посадочные поверхности под подшипники чашек дифференциала, наружные цилиндрические поверхности труб полуосей и др.

В зависимости от износа и пластических свойств металла детали раздают без нагрева или с нагревом. Если деталь закалена или цементирована, то перед раздачей ее подвергают отжигу или высокому отпуску. При холодной раздаче высота уменьшается не намного, а при горячей — значительно больше. Если деталь раздавали в горячем состоянии или перед этим подвергали отжигу или отпуску, то после раздачи ее следует закалить и отпустить, а затем проверить твердость.

Обжатие применяют для уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения наружных. Направление действующей силы P (рис. 6.4, г) совпадает с направлением требуемой деформации δ .

Обжатием восстанавливают втулки из цветных металлов, отверстия в проушинах рулевых сошек, рычагах поворотных цапф, зубчатые муфты с изношенными проушинами под пальцы и др. Такое восстановление проводят под прессом в специальном приспособлении в холодном состоянии или

при нагреве деталей.

Вдавливание представляет собой одновременную осадку и раздачу, так как деформирующая сила P (рис. 6.4, д) направлена под углом к направлению деформации δ . Длина детали не изменяется.

Вдавливанием ремонтируют изношенные боковые поверхности шлицев, шаровых пальцев, зубьев шестерен, нагревая их в специальных штампах и используя ролики, клинья и др.

Накатку применяют для увеличения наружного или уменьшения внутреннего диаметра деталей вытеснением металла отдельных участков рабочей поверхности. Направление деформирующей силы P (рис. 6.4, е) противоположно требуемой деформации δ .

Деталь устанавливают в патроне или центрах токарно-винторезного станка, а оправку с зубчатым роликом — на суппорте станка вместо резца. Восстанавливают детали с твердостью не более HRC 25...30. При большей твердости их необходимо отпустить. Наиболее часто накатывают роликом с шагом зубьев 1,5...1,8 мм. Накатку деталей из среднеуглеродистых сталей ведут при скорости 10...15 м/мин, продольной подаче 0,4...0,6 мм/об., угле заострения зуба инструмента 60...70° и охлаждении машинным маслом. Необходимо получать поверхность с высокой несущей способностью при минимальном уменьшении площади опорной поверхности. Поднятый металл (гребешок) в поперечном сечении должен иметь форму трапеции, а не треугольника. Высота подъема металла на сторону не должна превышать 0,2 мм, а уменьшение опорной поверхности — 50%.

Этим способом можно восстанавливать посадочные места (подшипников на валах и в корпусных деталях) при небольших на них нагрузках, а также вкладыши перед нанесением антифрикционного слоя или пластмассы.

Электромеханическая обработка — разновидность восстановления деталей пластическим деформированием. Деталь устанавливают в центры токарно-винторезного станка, а на суппорте закрепляют твердосплавную пластину 3 (рис. 6.5). Между деталью 1 и пластиной 3 пропускают ток силой

300...500 А и напряжением 1...2 В. В месте их контакта выделяется теплота, количество которой определяют по формуле, Дж,

$$Q = Q_1 + Q_2 = I^2 R t + f P_o v t, \quad (6.4)$$

где Q_1 — количество теплоты, выделенной электрическим током при обработке детали, Дж;

Q_2 — количество теплоты, выделенной в результате механической работы, Дж;

I — сила тока, А;

R — сопротивление в месте контакта, Ом;

t — время обработки детали, с;

f — коэффициент трения;

P_o — усилие на инструменте, Н;

v — скорость вращающейся детали, м/с.

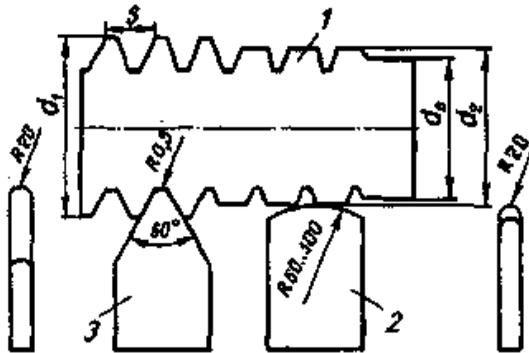


Рис. 6.5 Схема восстановления деталей электромеханическим способом:

1 — деталь; 2 и 3 — сглаживающая и высаживающая пластины

При вращении детали и продольной подаче суппорта твердосплавная пластина 3 деформирует нагретый до температуры 800...850°C металл, в результате чего на поверхности детали образуются винтовая канавка и выпуклость. Диа-

метр детали увеличивается с d_0 до d_1 . После же прохода сглаживающей пластины 2 он уменьшается до d_2 , который больше d_0 . Высаживающую и сглаживающую пластины изготовляют из сплава Т15К6. Ток подводится к детали через медное кольцо, установленное на патроне станка, и медно-графитовые щетки, питание — от переоборудованных сварочных трансформаторов ТС-300 с установкой одного дополнительного витка и подключением трансформатора на напряжение 220 В. Давление на инструмент при посадке закаленных деталей 900...1200 Н и сглаживании — 300...400, для незакаленных деталей — соответственно 600...800 и 300...400 Н.

При посадке и сглаживании соответственно скорость вращения детали 1,5...8 и 5...8 м/мин, подача 1...2 и 0,3...1,5 мм/об., число проходов 2...4 и 1...2, сила тока 400...500 и 250...400 А.

Электромеханическим способом восстанавливают посадочные места подшипников на валах с износом до 0,15 мм. При большем износе винтовые канавки на поверхности детали заполняют эпоксидной композицией, что компенсирует уменьшающуюся площадь контакта посадочного места с кольцом подшипника.

Алмазное выглаживание заключается в поверхностном пластическом деформировании детали инструментом, рабочим элементом которого служат алмаз или сверхтвердые материалы из нитрида бора (гексанит Р, кубонит и др.). Крепление выглаживающего инструмента может быть жестким и подпружиненным. Усилие на инструмент создает пружина 2 (рис. 6.6), сжатие которой регулируют винтом 1. Усилие пружины определяют по шкале индикатора 3. Основные параметры процесса: форма и радиус, сферической поверхности алмаза, усилие прижатия к детали, подача, число проходов и скорость.

Радиус алмаза выбирают с учетом твердости обрабатываемой поверхности: чем тверже материал, тем он меньше. Для материалов твердостью $HB < 300$ радиус алмаза составляет 2,5...3,5 мм, при HRC 35...50 — 1,5...2,5 и HRC 50...65 —

1,3...2 мм.

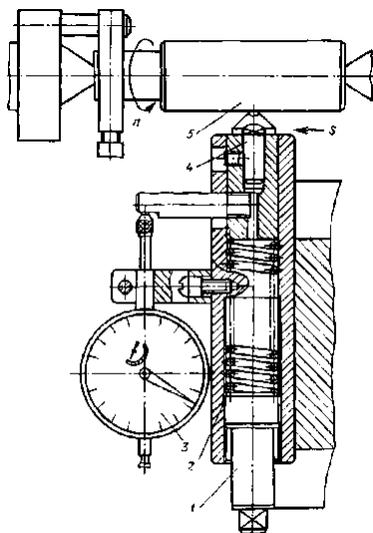


Рис. 6.5 Схема пружинной оправки для выглаживания:
1 – регулировочный винт; 2 – пружина; 3 – индикатор;
4 – алмазный наконечник; 5 – заготовка в центрах;
 n – частота вращения детали; S – подача инструмента

Усилие выглаживания обусловлено физико-механическими свойствами металла, размерами и формой обрабатываемой поверхности и радиусом алмаза. При усилнии, меньшем оптимального, микронеровности сглаживаются не полностью, а при большем — поверхностный слой перенаклепывается и отслаивается. Усилие выглаживания обычно составляет 150...300 Н. За оптимальное усилие, Н, принимают такое, при котором достигается наименьшая шероховатость, и определяют по формулам при выглаживании:

закаленных сталей

$$P_{\text{опт}} = 0,013H_v \left(\frac{dR_{\text{алм}}}{d + R_{\text{алм}}} \right)^2; \quad (6.4)$$

незакаленных сталей и цветных сплавов

$$P_{\text{опт}} = 0,08H_v \left(\frac{dR_{\text{алм}}}{d + R_{\text{алм}}} \right)^2, \quad (6.5)$$

где H_v — твердость обрабатываемой поверхности по Виккерсу, Н/мм²; d — диаметр детали, мм; $R_{\text{алм}}$ — радиус алмаза, мм.

Продольная подача инструмента должна быть такой, чтобы на поверхности детали не оставалось необработанных участков. При слишком малых подачах состояние поверхности ухудшается вследствие большой кратности приложения нагрузки. Наиболее эффективны для закаленных сталей подачи 0,02...0,05 мм/об. ($R_{\text{алм}} = 1,3...2$ мм) и для незакаленных сталей и цветных сплавов — 0,03...0,06 мм/об. ($R_{\text{алм}} = 2,5...3,5$ мм).

Скорость выглаживания 10...100 м/мин практически не влияет на качество поверхности. Для увеличения производительности процесса его следует вести на больших скоростях, но при этом нужно учитывать биение детали, неравномерность припуска и нагрев алмаза. В результате перегрева увеличивается скорость изнашивания алмаза. Ее принимают 40...100 м/мин.

Основная деформация металла происходит при первом проходе инструмента. С увеличением числа проходов шероховатость существенно не меняется. Наиболее часто обрабатывают за один проход.

При алмазном выглаживании можно получить поверхность детали с шероховатостью не ниже $R_a = 0,04...0,08$ мкм, повысить твердость на 25...30%, износостойкость на 40...60 и усталостную прочность на 30...60%.

Лекция 7 ПРИМЕНЕНИЕ РУЧНОЙ СВАРКИ И ПАЙКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

1. Технология восстановления стальных деталей ручной электродуговой сваркой и наплавкой.
2. Выбор электродов, рода тока и режимов сварки.
3. Наплавочные материалы.
4. Особенности и способы сварки деталей из чугуна и алюминия.
5. Дефекты и контроль сварочных швов.

Технология восстановления стальных деталей ручной электродуговой сваркой и наплавкой

Особенности ручной сварки и наплавки. Рассмотрим некоторые понятия.

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.

Наплавка — разновидность сварки и представляет собой процесс нанесения слоя металла на поверхность изделия. Согласно ГОСТ 19521 сварку и наплавку металлов классифицируют по физическим, техническим и технологическим признакам.

В зависимости от вводимой энергии сварочные процессы разделяют на три класса:

1. *Термический.*
2. *термомеханический*
3. *механический.*

К термическому классу относят такие виды сварки, которые выполняют плавлением с использованием тепловой энергии (дуговая, газовая, высокочастотная, термитная, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая и лазерная); термомеханическому — с применением тепловой энергии и давления (контактная, диффузионная, газопрессовая и взрывом); механическому — с использованием механической

энергии и давления (трения, ультразвуковая и холодная).

Способ защиты зоны сварки в воздухе, вакууме, защитных газах, под флюсом, в пене и комбинированной защите.

В качестве защитных газов можно использовать активные газы (углекислый газ, азот, водород, водяной пар и их смеси), инертные газы (аргон, гелий, их смеси) и смеси активных и инертных газов.

По непрерывности процесса различают непрерывные и прерывистые виды сварки, по степени механизации — ручные, механизированные и автоматические.

По технологическим признакам сварка может быть дуговая, газовая, термитная, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная, контактная, диффузионная, газопрессовая, ультразвуковая, взрывом, трением и холодная.

При ремонте машин операции сварки и наплавки по сравнению с другими методами восстановления более распространены, так как с помощью них можно получить:

на рабочих поверхностях деталей слой любой толщины и химического состава;

наплавленный слой с разнообразными свойствами, т. е. высокой твердостью и износостойкостью, антифрикционные, кислотостойкие, жаропрочные и др.

В ремонтных мастерских 80% деталей восстанавливают дуговой сваркой и 20% — газовой.

Чтобы полностью сплавить свариваемые кромки, когда толщину деталей нельзя проплавить за один проход, нужно выполнить разделку (скос) кромок в зависимости от их толщины и метода сварки. Дуговую сварку классифицируют следующим образом:

по степени механизации — ручная, механизированная и автоматизированная;

по роду тока — постоянный, переменный и пульсирующий;

по состоянию дуги — свободная и сжатая;

по числу дуг — одно- и многодуговая;

по полярности сварочного тока — прямой и обратный;

по виду электрода — плавящийся (металлический), неплавящийся (угольный, вольфрамовый и др.).

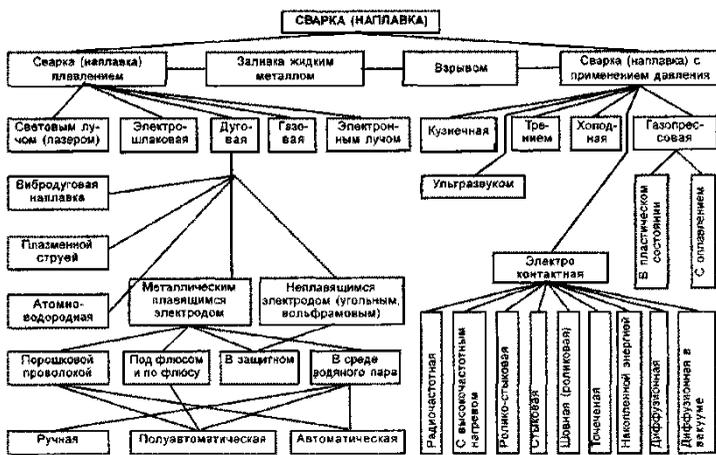


Рис. 7.1 Классификация основных способов сварки

Физико-химические процессы при дуговой сварке и наплавке. В процессе сварки металл плавится, образуя сварочную ванну, а затем затвердевает в виде сварочного шва. Вместе с тем происходят нежелательные явления (окисление металлов, поглощение азота, выгорание легирующих примесей, объемные и структурные изменения). Окисление металла (рис. 7.2, а) приводит к снижению механических свойств сварочного шва. Поглощение азота (рис. 7.2, б) вызывает образование нитридов железа, марганца, что увеличивает прочность шва (ов и стт), но резко уменьшает ударную вязкость (ак).

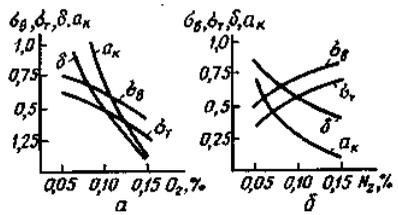


Рис. 7.2 Зависимости механических свойств от содержания в сварочном шве:

a – кислорода; b – азота; σ_b – предел прочности; σ_t – предел текучести; δ – удлинение; a_k – ударная вязкость

На рисунке 7.3 представлена схема структурных изменений зоны термического влияния среднеуглеродистой стали в момент, когда металл шва находится в расплавленном состоянии.

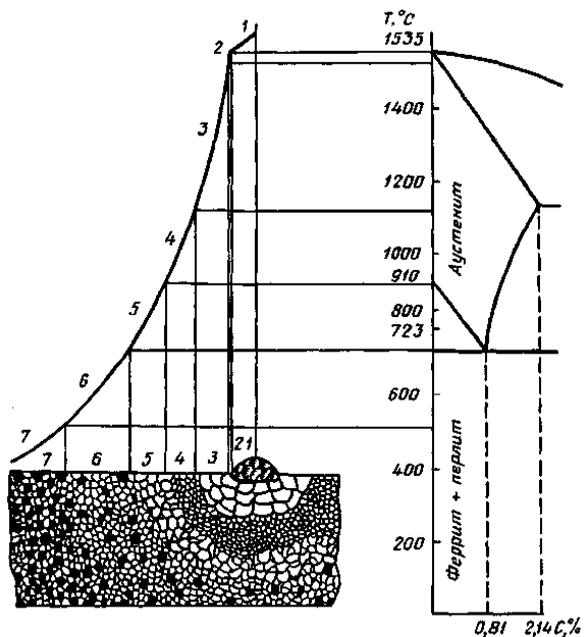


Рис. 7.3 Схема структурных изменений зоны термического влияния среднеуглеродистой стали на участках:
 1 – жидкого состояния металла; 2 – твердожидкого состояния;
 3 – перегрева; 4 – нормализации (перекристаллизации);
 5 – неполной перекристаллизации; 6 – рекристаллизации;
 7 – старения

Одна из главных задач при сварке плавлением — предупреждение вредного воздействия воздуха на металл (см. рис. 7.2). Обычно эту задачу решают с помощью газовой или шлаковой защиты зоны сварки.

Выбор электродов, рода тока и режимов сварки

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины восстанавливаемой детали. При сварке деталей толщиной до 4 мм его диаметр принимают равным толщине восстанавливаемой детали. В других случаях диаметр, мм, целесообразно выбирать по графику (рис. 7.4) или подсчитывать по эмпирической формуле

$$d = S/2 + 1,$$

где S — толщина свариваемого металла, мм.

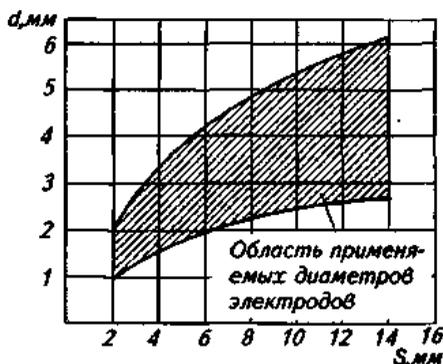


Рис. 7.4 Зависимость диаметра электрода от толщины металла

Сила сварочного тока $I_{св}$ определяет качество и производительность работ. Она зависит от толщины свариваемого металла S , диаметра электрода d , коэффициента теплопроводности λ , типа сварочного соединения, скорости сварки, положения сварочного шва в пространстве. Сила сварочного тока, А,

$$I_{св} = Kd,$$

где K — коэффициент плотности тока, А/мм. Для металлических электродов он равен 40...50, угольных — 5...8 и графитовых — 18...20.

С увеличением теплопроводности металла сила сварочного тока увеличивается и для алюминия

$$I_{\text{св}}^{\text{Al}} = (1,3...1,5) I_{\text{св}}^{\text{Fe}} .$$

При сварке легированных сталей с пониженной теплопроводностью за счет содержания в них легирующих элементов (Ni, Cr, W, Mn) и склонных к образованию в детали трещин

$$I_{\text{св}}^{\text{л}} = (0,8...0,9) I_{\text{св}}^{\text{у}} ,$$

где $I_{\text{св}}^{\text{л}}$ и $I_{\text{св}}^{\text{у}}$ — сила сварочного тока легированных и углеродистых сталей, А.

При сварке на переменном токе из-за пониженной ионизации и охлаждения межэлектродного пространства силу сварочного тока повышают, т.е.

$$I_{\text{св}}^{\text{пер}} = (1,1...1,2) I_{\text{св}}^{\text{пос}} ,$$

где $I_{\text{св}}^{\text{пер}}$ и $I_{\text{св}}^{\text{пос}}$ — сила сварочного тока на переменном и постоянном токе.

Для ручной дуговой сварки сталей в нижнем положении силу сварочного тока, А, определяют по формуле академика К.К. Хренова, т.е.

$$I_{\text{св}} = (20 + 6d)d,$$

где d — диаметр стальной проволоки электрода, мм.

Напряжение дуги, В, определяют в зависимости от длины дуги, т.е.

$$U_{\text{с}} = U_{\text{ан}} + U_{\text{д}} L_{\text{д}},$$

где $U_{\text{ан}}$ — 10...12 В и не зависит от длины дуги; $U_{\text{д}} = 2...3$ В на 1 мм длины дуги; $L_{\text{д}} = 0,5(d + 2)$.

Скорость сварки, м/ч,

$$v_{\text{св}} = I_{\text{св}} K_{\text{н}} / m,$$

где $K_{\text{н}}$ — коэффициент наплавки, г/(А·ч), [$K_{\text{н}} = 7 \dots 12$ г/(А·ч)]; m — масса наплавленного металла на 1 м длины, г/м.

Коэффициент потери металла принимают равным 10...25%. Для его уменьшения необходимо:

защищать зону от воздействия воздуха;

удалять водород и азот из сварочной ванны либо пузырьки нерастворимых газов за счет их перевода в соединения, переходящие в шлак до кристаллизации ванны;

снижать содержание оксида углерода или водяного пара раскислением ванны и удалением свободного кислорода;

замедлять кристаллизацию сварочной ванны, чтобы скорость выделения пузырьков была выше скорости роста кристаллов;

применять обратную полярность, что способствует уменьшению растворения водорода в капле;

подбирать режимы сварки и среды, в которой она проводится.

Наплавочные материалы

Электроды

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

Неплавящиеся электроды изготовляют из вольфрама, синтетического графита или электротехнического угля, а в качестве присадочного материала обычно применяют сварочную проволоку.

Электроды классифицируют по следующим признакам: материалу, из которого они изготовлены; назначению для сварки определенных сталей; толщине покрытия, нанесенного на стержень; видам покрытия и шлака, образующегося при

расплавлении покрытия; техническим свойствам металла шва; допустимым пространственным положениям сварки или наплавки; роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока.

Электроды для сварки обозначают буквой Э с двухцифровым числом через дефис. Число показывает прочность сварочного шва на растяжение. Электроды для наплавки обозначают буквами ЭН и числом, которое указывает гарантированную твердость наплавленного материала. Каждому типу электродов соответствует несколько их марок, различающихся видом и составом покрытий. По ГОСТ 10051—75 установлено 44 типа электродов. Для сварки и наплавки деталей применяют электроды с покрытиями.

По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода к диаметру стержня D/d электроды изготовляют: с тонким покрытием ($D/d < 1,20$) — М; со средним покрытием ($1,20 < D/d < 1,45$) — С; с толстым покрытием ($1,45 < D/d < 1,80$) — Д, с особо толстым покрытием ($D/d > 1,80$) — Г.

Общее назначение электродных покрытий — обеспечение стабильности горения сварочной дуги и получение металла шва с заранее заданными свойствами (прочность, пластичность, ударная вязкость, стойкость против коррозии и др.).

По видам покрытия и составам обмазок электроды бывают:

А — с кислым покрытием, содержащим оксид железа, марганца, кремния, иногда титана (ОММ-5, ОММ-5Ц, ЦМ-7, ЦМ-8 и др.). Сварку ведут на постоянном (прямой и обратной полярности) и переменном токе;

Б — с основным покрытием (УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ЦЛ-9, ОЗС-2, АНО-7 и АНО-8), имеющим в качестве основы фтористый кальций (плавиковый шпат) и карбонат кальция (мрамор, мел). Сваривают на постоянном токе обратной полярности. Вследствие малой склонности металла шва к образованию горячих и холодных трещин электроды с этими покрытиями используют для сварки деталей с толстыми стенками;

Ц — с целлюлозным покрытием, создающим газовую защиту дуги (ВСЦ-4, ВСЦ-4А, ОМА-2, ОЗС-1 и др.). Ими

сваривают стали малой толщины на переменном токе любой полярности;

Р — с рутиловым покрытием (ОЗС-4, ОЗС-6, АНО-1, АНО-3, АНО-4, АНО-5, АНО-12 и др.). Основной компонент — оксид титана (TiO_2). Они служат для сварки на постоянном (любой полярности) и переменном токе. Устойчивость горения дуги высокая во всех пространственных положениях. Поскольку в обмазку входит 2...8% органических веществ, то электроды необходимо хранить в сухом месте и перед сваркой просушивать в течение 1 ч при температуре 120...150°C;

П — прочие виды покрытий (АНО-6, АНО-10 и др.).

При покрытии смешанного вида используют двойное условное обозначение.

В зависимости от свариваемых материалов (углеродистых и низколегированных углеродистых сталей — У; легированных конструкционных — Л; легированных теплоустойчивых — Т; высоколегированных сталей с особыми свойствами — В; для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами — Н) электроды делят на группы. По допустимым пространственным положениям их обозначают: для всех положений — 1; для всех положений, кроме вертикального сверху вниз, — 2; для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх — 3; для нижнего — 4.

По роду и полярности применяемого тока, а также по номинальному напряжению холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока электроды маркируют: только для постоянного тока обратной полярности — 0; для напряжения холостого хода переменного тока 50 ± 5 В — 1, 2 и 3; то же для 70 ± 10 В — 4, 5 и 6; то же для 90 ± 5 В — 7, 8 и 9.

На рисунке 3.16 приведена структура условного обозначения электродов. Например, электрод

Э-46А-УОНИ-13/45-3,0-УД2 расшифровывают следующим образом: Э-46А — минимальный гарантируемый предел прочности металла шва на растяжение, кгс/мм² (460 МПа), А — гарантируется получение по

E432(5) — Б10

образом: Э-46А [Э — электрод сварочный, 46 — минимальный гарантируемый предел прочности металла шва на растяжение, кгс/мм² (460 МПа), А — гарантируется получение по

вышенных пластических свойств металла шва]; УОНИ-13/45 — марка; 3,0 — диаметр стальной проволоки, мм; У — электроды для сварки углеродистых сталей; Д2 — с толстым покрытием второй группы; Е432(5) — характеризует наплавленный металл шва, где 43 — временное сопротивление разрыву не менее 430 МПа, 2 — относительное удлинение не менее 22% и (5) — ударная вязкость не менее 34,5 Дж/см² при температуре минус 40°С; Б — основное покрытие; 1 — для сварки во всех пространственных положениях; 0 — на постоянном токе обратной полярности.

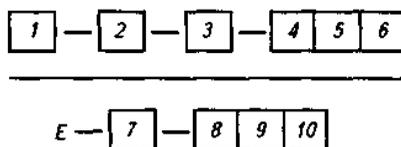


Рис. 7.5 Структура условного обозначения электродов:

- 1 — тип; 2 — марка; 3 — диаметр стальной проволоки;
- 4 — назначение; 5 — толщина покрытия; 6 — группа электродов;
- 7 — группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла шва; 8 — вид покрытия;
- 9 — допустимые пространственные положения сварки;
- 10 — род применяемого тока при сварке и его полярность

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

- У — углеродистых сталей;
- Л — легированных конструкционных сталей;
- Т — легированных теплоустойчивых сталей;
- В — высоколегированных сталей с особыми свойствами;
- Н — для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

По допустимым пространственным положениям свариваемого шва электроды обозначают:

- 1 — для всех положений;
- 2 — для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;

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

4 — для нижнего.

По роду и полярности применяемого тока, а также по номинальному напряжению холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока электроды маркируют:

0 — только для постоянного тока обратной полярности;

1, 2 и 3 — для напряжения холостого хода переменного тока 50 ± 5 В;

4, 5 и 6 — то же для напряжения 70 ± 10 В;

7, 8 и 9 — то же для напряжения 90 ± 5 В.

Электродные материалы

При ручной электродуговой сварке в качестве электродного стержня, а при механизированной сварке и наплавке в качестве присадочного материала используется стальная сварочная проволока.

Стальные сварочные проволоки изготавливают по ГОСТ 2246 и разделяют на низкоуглеродистые, легированные и высоколегированные. Всего выпускают 75 марок диаметром 0,3...12 мм.

Условное обозначение марки проволоки включает в себя: индекс Св — сварочная и следующие за ним цифры, показывающие содержание углерода в сотых долях процента; буквенное обозначение легирующих элементов. При содержании последних менее 1% ставят только букву этого элемента, а если превышает 1% — цифру, указывающую на наличие элемента в целых единицах процента. Цифра перед Св обозначает диаметр проволоки, буква А в конце марки низкоуглеродистых и легированных проволок указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора. Буквы, стоящие после А через дефис, указывают: О — омедненная, Э — для изготовления электродов, Ш — полученная из стали, выполненной электрошлаковым переплавом; ВД — выплавленная вакуумно-дуговым переплавом; ВИ — выплавленная в вакуумно-индукционной печи; Д — холоднодеформированная (тянутая); Г — горячедеформированная; КР — круглого сечения; БТ — мотки, бухты; КТ — катушки; БР — барабаны.

Так, **2,5Св08ХЗГ2СМФА-ВИ-Э-О** расшифровывают следующим образом: диаметр проволоки 2,5 мм, сварочная проволока содержит 0,08% углерода, 3% хрома, 2% марганца, 1% кремния, 1% молибдена, 1% ванадия, повышено чистая по содержанию серы и фосфора, выплавленная в вакуумно-индукционной печи, предназначенная для изготовления электродов, омедненная.

Функции покрытий электродов

газовая защита зоны сварки и расплавленного металла создается при сгорании газообразующих веществ и предохраняет расплавленный металл от воздействия кислорода и азота. Газообразующие вещества вводят в покрытие в виде органических соединений: древесной муки, декстрина, целлюлозы, крахмала, хлопчатобумажной ткани, пищевой муки и т.д.;

раскисление металла сварочной ванны элементами, обладающими большим сродством с кислородом, чем железо, и связывающими кислород, находящийся в шлаке. К ним относятся марганец, титан, молибден, хром, кремний, алюминий, графит;

шлаковая защита служит для защиты расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха путем образования шлаковых оболочек на поверхности капель электродного металла, переходящих через дуговой промежуток, и для образования шлакового покрова на поверхности расплавленного металла шва. Шлаковое покрытие уменьшает скорость охлаждения и затвердевания металла шва, способствуя выходу из него газовых и неметаллических включений. Шлакообразующими компонентами покрытий являются: титановый концентрат, марганцевая руда, каолин, мрамор, мел, кварцевый песок, доломит, полевой шпат и др.;

легирование металла шва для придания специальных свойств наплавленному металлу (в основном для повышения механических свойств, износостойкости, жаростойкости, сопротивления коррозии). Наиболее часто применяют такие легирующие компоненты, как хром, никель, молибден, вольфрам, марганец, титан и др.

Для закрепления покрытия на стержне электрода ис-

пользуют связующие компоненты: жидкое стекло, декстрин, желатин, пластмассы и др. Жидкое стекло имеет также и стабилизирующие свойства.

Газовая сварка. Такая сварка основана на плавлении свариваемого и присадочного материалов высокотемпературным газокислородным пламенем. В качестве горючего газа для сгорания в кислороде применяют ацетилен, водород, пропан-бутановую смесь, пары керосина и бензина, природный, светильный, нефтяной, коксовый и другие газы.

Для устойчивого и экономичного сварочного пламени горючий газ и кислород должны находиться в определенном соотношении. Процесс дозировки и перемешивания происходит в горелках.

В зависимости от объемного соотношения кислорода и ацетилена можно получить три вида пламени: нормальное, или нейтральное (это соотношение составляет 1,1...1,2); окислительное (1,3...1,4); восстановительное, или науглероживающее (1,0), при котором в пламени будет присутствовать свободный углерод, переходящий в расплавленный металл, науглероживая его.

Обычно стальные детали сваривают нормальным пламенем. При сварке деталей из низколегированных сталей, наплавке твердым сплавом, увеличении твердости трущихся поверхностей и сварке чугунных деталей применяют науглероживающее пламя. Окислительное пламя используют при резке металла.

В процессе наплавки изношенных поверхностей деталей используют наплавочные проволоки Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-50Г, Нп-65Г, дающие наплавочный слой с высокой износостойкостью.

При сварке в стык листового материала или заварке трещин толщиной до 5 мм кромки не разделявают. Для облегчения прогрева по всему сечению более толстого материала или заварке трещин толщиной до 5 мм кромки не разделяют. Для облегчения прогрева по всему сечению более толстого материала кромки, наоборот, разделяют. При толщине металла 5...12 мм выполняют одностороннюю (У-

образную) разделку, а при толщине более 12 мм — двустороннюю (X-образную).

Во время проведения работ у сварщика в правой руке находится зажженная сварочная горелка, а в левой — присадочный материал. Обычно применяют левый и правый способы направления сварки и наплавки. Левый способ сварки более распространен. Его используют при сварке стальных деталей толщиной до 5 мм. Его легче освоить и с помощью него выполнить работу. Присадочная проволока находится у сварщика в левой руке впереди сварочного пламени и вместе с последним перемещается справа налево. Пламя направлено от металла сварного шва.

Правый способ сварки целесообразно применять при толщине металла более 5 мм. Пламя направлено на сваренную часть шва, и теплоту пламени используют более полно, чем при левом способе. Сварочная горелка и присадочная проволока перемещаются слева направо. Конец последней находится все время в сварочной ванне. Угол скоса кромок сварного шва уменьшается до $60\text{...}80^\circ$ по сравнению с левым способом (90°). Все это повышает производительность труда при экономии присадочного металла и уменьшении коробления деталей. Скорость сварки правым способом увеличивается на $10\text{...}20\%$, расход газов сокращается на $10\text{...}15\%$ по сравнению с левым способом.

Металл в месте сварки и наплавки плавится при любом способе не сразу, а путем предварительного нагрева металла с целью устранения резкого перепада температур и возможности возникновения значительных внутренних напряжений, поэтому горелку сначала перемещают вокруг места сварки с большим радиусом. Затем его уменьшают и подводят горелку к месту сварки для расплавления металла. В дальнейшем положение горелки и присадочного металла зависит от способа сварки.

Диаметр прутка или проволоки, мм, выбирают из соотношения при способе сварки:

$$\text{левом } d = S/2 + 1;$$

$$\text{правом } d = S/2 + 2,$$

где S — толщина детали, мм.

Мощность пламени характеризуется часовым расходом ацетилена, зависящим от номера наконечника горелки. Расход ацетилена, м³/с,

$$A = KS, \quad (7.1)$$

где K — коэффициент, мкм³/с (дм³/ч).

Для стали K равен 360...432 мкм³/с (100...120 дм³/ч), чугуна — 396...500 (110...140), латуни — 430...470 (120...130) и алюминия — 220...360 мкм³/с (60...100 дм³/ч) на 1 мм толщины детали.

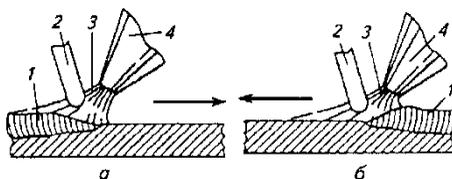


Рис. 7.6 Основные способы газовой сварки:

a — правый; b — левый;

1 — формирующий шов; 2 — присадочный пруток;

3 — пламя горелки; 4 — горелка

Особенности и способы сварки деталей из чугуна и алюминия

Чугун относится к группе плохо свариваемых металлов. Объясняется это высоким содержанием в нем углерода более 2%, кремния 1,6...2,0%, марганца 0,5...1,2%, серы до 0,12%, фосфора до 0,8% и быстрой скоростью охлаждения.

Сварка и наплавка чугуна из-за особенностей химического состава, структуры и физико-химических свойств представляет значительные **трудности**. Они обусловлены тем, что при быстром охлаждении серого чугуна, нагретого до температур выше 750°C при сварке, углерод, находящийся в чугуне в свободном состоянии в виде графита, легко переходит в цементит Fe₃C (т.е. чугун отбеливается). Такой чугун более

светлого цвета, очень тверд, хрупок и не поддается механической обработке.

Относительное удлинение чугуна при разрыве практически равно нулю, что является причиной при интенсивном нагреве и охлаждении возникновения высоких внутренних напряжений и образования трещин в околошовной зоне. Интенсивное выгорание углерода и кремния, а также быстрый переход чугуна из жидкого состояния в твердое, при котором газы не успевают выйти из сварочной ванны, делает сварной шов пористым.

В расплавленном состоянии **чугун жидкотекуч** и мгновенно переходит из жидкого состояния в твердое, минуя пластическое. Жидкотекучесть затрудняет ремонт деталей даже с небольшим уклоном от горизонтального положения.

Имея пористое строение, чугунные детали при эксплуатации пропитываются маслом, что при сварке ведет к образованию газов, шлаковых включений, которые не успевают выйти из расплавленного металла, и, как следствие, шов получается пористым и загрязненным неметаллическими включениями.

Чугун можно сваривать дуговой сваркой металлическим или угольным электродом, газовой сваркой, заливкой жидким чугуном, порошковой проволокой, аргонодуговой сваркой и т.д.

Выбор способа и метода сварки зависит от требований к соединению. При определении метода учитывают: необходимость механической обработки металла шва и околошовной зоны после сварки, получения однородности металла шва с металлом свариваемых деталей; требования к плотности шва; нагрузки, при которых должны работать детали.

По состоянию свариваемой детали различают три способа сварки чугуна: холодный, полугорячий — при полном или местном подогреве до температуры 300...400°C, горячий — при полном нагреве до температуры 600...800°C. Эти способы сварки подразделяют на отдельные методы в зависимости от вида сварки, применяемых электродов и присадочного металла.

Горячую сварку применяют для устранения дефектов крупногабаритных чугунных деталей сложной формы. При этом деталь нагревают (в печи или другим способом) до температуры 650...680°C. Во время сварки температуру детали поддерживают не ниже 500°C, что задерживает охлаждение сварочной ванны, способствует тому, что больший объем металла в ванне находится в жидком состоянии, обеспечивает выравнивание состава, металла ванны и его полную графитизацию при остывании. Нагрев предупреждает появление сварочных напряжений и трещин. При охлаждении от начала затвердевания наплавленного металла до 600°C со скоростью более 4°C в секунду ухудшается процесс графитизации и происходит отбеливание чугуна. После сварки детали подвергают отжигу при температуре 600...650°C и охлаждают вместе с печью или в термосах со скоростью 50...100°C в час или под слоем мелкого древесного угля.

Полугорячая сварка чугуна. Свариваемые детали предварительно нагревают в термических печах, горнах или с помощью газовых горелок ацетиленокислородным пламенем до 300...400°C.

Полугорячую сварку ведут низкоуглеродистыми стальными электродами с защитно-легирующими покрытиями типа ОММ-5, МР-3, К-5 и УОНИ-13, стальными электродами со специальным покрытием, чугунными электродами и ацетиленокислородным пламенем с применением чугунных присадочных прутков. Для замедленного охлаждения сваренные детали засыпают мелким древесным углем или сухим песком.

Холодная сварка выполняется без предварительного подогрева деталей, поэтому должны применяться такие режимы сварки, электроды и присадочные материалы, которые снижали бы до минимума возможность отбеливания чугуна и образования внутренних напряжений и трещин.

Холодная электродуговая сварка ведется на постоянном токе обратной полярности с применением электродов малого диаметра (3...4 мм) и силой тока $I = (25...30)d$, короткими валиками (длиной 40...50 мм), охлаждением деталей после наложения каждого валика до температуры 330...340°C. Это

позволяет в некоторой степени снизить долю основного металла в металле шва и значение сварочных напряжений посредством проковки валиков шва сразу же после окончания сварки.

Холодную сварку ведут электродами: стальными, стальными со специальными покрытиями (с карбидообразующими элементами в покрытии, с защитно-легирующими покрытиями, с окислительными покрытиями), стальными с применением шпилек; чугунными; комбинированными; медными; из монель-металла; из никелевого аустенитного чугуна.

Заварка трещин косвенной дугой заключается в том, что между двумя стальными электродами возбуждается дуга. Тепловой поток расплавляет поверхность чугунных деталей. Выдуваемая большая часть расплавленного чугуна образует своеобразную разделку необходимой глубины. Сваривают сразу после разделки, пока деталь нагрета.

При разделке трещины деталь устанавливают вертикально для стекания расплавленного металла, а для сварки ее переводят в горизонтальное положение, удалив предварительно наплывы и подтекания металла. Допускается заваривать трещины на деталях с толщиной стенки до 6 мм без разделки. Канавку глубиной 6...8 мм, полученную после разделки, заваривают в один слой. Более глубокую канавку заваривают в два и более слоя, удаляя шлаковую корку после каждого из них.

Оптимальный режим разделки и варки: $I = 250...330$ А; $U = 44...48$ В; скорость разделки и варки соответственно 3...8 и 5...8 мм/с.

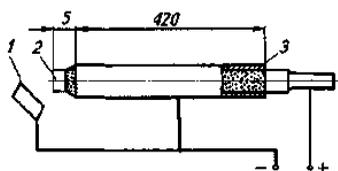


Рис. 7.7 Схема плавающего электрода и его подключения:
1 – деталь; 2 – электрод; 3 – стальная трубка

Электрод для сварки косвенной дугой состоит из двух элементов: электрода (Э-42, Э-46 или Э-50) диаметром 5 мм и надетой на него стальной трубки 3 (рис. 7.7). Последнюю можно свернуть из стальной полосы. Обмазка электрода служит одновременно и изолятором.

В конце 50-х годов изобретателем Л. И. Вититловым была предложена сварка методом отжигающих валиков, позволяющая расширить возможности использования стальных электродов. Ее сущность состоит в следующем. Трещину предварительно разделяют (рис. 7.8, а). Наносят короткими участками (15...25 мм) вразброс (рис. 7.8, б) вначале на одну кромку разделанной трещины подготовительные 1...3 и отжигающие 4 и 5 валики (рис. 7.8, в), а затем на другую — соответственно валики 6...10, не соединяя их.

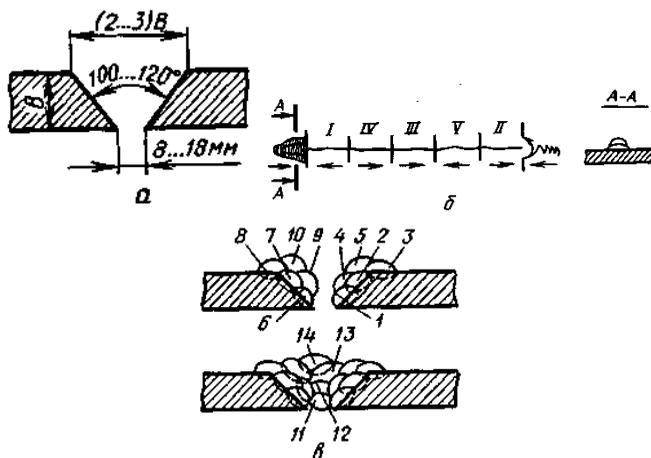


Рис. 7.8 Схемы заварки трещин методом отжигающих валиков:

- a* – разделка трещин; *б* – последовательность участков заварки; *в* – последовательность наложения валиков;
- I...V* – номера участков заварки; *1, 2, 3, 6, 7* и *8* – подготовительные валики; *4, 5, 9* и *10* — отжигающие валики;
- 11...14* – соединительные валики

Валики наплавляют высотой 4...5 мм снизу, покрывая предыдущий на 60...70%. После того как они будут наложены по всей длине трещины, деталь охлаждают до температуры 70...80°C, а затем заваривают также вразброс промежутки между ними соединительными валиками 11...14.

Хорошие результаты для заварки трещин и получения плотных швов возможны при применении специальных электродов из цветных металлов и медно-железных электродов. Используют электроды МНЧ-2 из медно-никелевого сплава, НМЖМц 28-2,5-1,5 (монель-металл), железо-никелевого (ОЗЖН-1), никелевые с 99% Ni (ОЗЧ-3) и 95% Ni (ОЗЧ-4), низкоуглеродистой стали (ЦЧ-4), медной проволоки с железным порошком в покрытии (ОЗЧ-2), бронзовой проволоки (ОЗЧ-6) диаметром 3, 4 и 5 мм.

Наиболее совершенна сварка с применением *самощитной проволоки* на никелевой основе ПАНЧ-11 (более 90% Ni), железо-никелевой ПАНЧ-12, медно-никелевой МН-25, медной (МрЗКМцТ-03-03-1,0-03) и порошковой проволоки ППНЧ-7. Сварка ведется открытой дугой без дополнительной защиты и флюса на постоянном токе прямой полярности проволокой диаметром 1...1,2 мм, силой тока 100...140 А. Малый диаметр проволоки позволяет применять узкую разделку кромок. При сварке используются шланговые полуавтоматы А-547У, А-825М и др.

Сварка алюминиевых деталей

Сварка деталей из алюминия и его сплавов затрудняется по следующим причинам:

1. очень плохая сплавляемость металла из-за образования на его поверхности тугоплавкой оксидной пленки Al_2O_3 ;
2. при нагреве до 400...450°C алюминий очень сильно теряет свою прочность и деталь может разрушиться от легкого удара или от действия собственной массы;
3. металл не имеет пластического состояния и при нагреве сразу переходит из твердого в жидкое состояние;
4. коэффициент линейного расширения в 2, а теплопроводность в 3 раза больше, чем у стали, что способствует появлению значительных остаточных деформаций в свариваемых

мых деталях;

5. большая растворимость в расплавленном алюминии водорода способствует образованию пор.

Наиболее эффективные средства для удаления оксидной пленки — химическое взаимодействие с элементами из группы галогенов. В природе известно много соединений, содержащих галогены, но для использования в качестве сварочного флюса они должны иметь невысокую ($600\dots 700^{\circ}\text{C}$) температуру плавления. Этим требованиям удовлетворяют соли щелочных и щелочно-земельных металлов (NaF , NaCl , KCl , Na_3AlFe_6 , BaCl_2 , CaF_2 и др.). У сварки с применением флюса много положительных сторон. Однако ее нельзя применять в различных пространственных положениях. Кроме того, коррозионная стойкость шва снижается из-за остатков флюса на его поверхности.

Алюминий и его сплавы сваривают дуговой, аргодуговой и газовой сваркой. Поверхности обезжиривают растворителями и очищают от нагара, масла и грязи не более чем за $2\dots 4$ ч до процесса сварки.

Дуговую сварку выполняют угольными или плавящимися электродами.

Сварку угольными электродами ведут на постоянном токе прямой полярности. Детали толщиной до 2 мм сваривают без присадочного металла и разделки кромок, а свыше 2 мм — с зазором $0,5\dots 0,7$ толщины свариваемой детали или с разделкой кромок. Оксидную пленку удаляют с помощью флюса АФ-4А.

Сварку плавящимися электродами проводят короткой дугой при обратной полярности из расчета не более 40А на 1 мм диаметра электрода со скоростью $0,4\dots 0,6$ м/мин и напряжении холостого хода $60\dots 70$ В. Перед заваркой трещины по всей ее длине вырубает канавку. При сварке сплавов А6, АДО, АД1 и АД применяют электрод ОЗА-1 или флюс АФ-4А, а сплавов АМц, АМг и АЛ-9 — электрод ОЗА-2. При использовании электродов ОЗА-1 и ОЗА-2 можно получить сварные соединения с удовлетворительными механическими и эксплуатационными свойствами.

Аргонодуговую сварку выполняют неплавящимся вольфрамовым электродом на установках УДГ-301 и УДГ-501. В зависимости от толщины стенки свариваемой детали выбирают диаметр электрода и силу тока. Чем тоньше стенки, тем меньше диаметр и сила тока.

Особые требования предъявляют к технике сварки. Угол между присадочным материалом и вольфрамовым электродом должен составлять примерно 90°. Размеры сварочной ванны должны быть минимальными. Сварку стенок толщиной до 10 мм обычно ведут справа налево, т. е. левым способом, при котором снижается перегрев металла. Дуга должна быть как можно короче.

Режим сварки при толщине стенки 4...6 мм: диаметр присадочного материала 3...4 мм; сила тока 150...270 А; напряжение 18...20 В; расход аргона 7...10 л/мин. При добавлении к аргону 10...12% (по объему) углекислого газа и 2...3% кислорода повышается устойчивость горения дуги и улучшается формирование металла.

Режим наплавки при диаметре электродной проволоки 0,8...1 мм: сила тока 70...90 А; напряжение 17...19 В; скорость подачи проволоки 160...200 м/ч; шаг наплавки 1,5...1,8 мм; толщина наплавленного слоя за один проход 0,8...1,0 мм; расход аргона 2...3 л/мин.

Газовую сварку ацетиленокислородным нейтральным пламенем выполняют с помощью флюсов АФ-4А, АН-4А и других, содержащих хлористые и фтористые соли лития, натрия, калия и бария. В качестве присадочных прутков применяют сплав с содержанием 5...6% кремния.

Флюс насыпают на кромки трещины и в процессе сварки вводят прутком в сварочную ванну. После сварки остатки флюса промывают горячей водой.

Бронзы в большинстве случаев сваривают дуговой сваркой металлическим электродом, близким по химическому составу к основному металлу.

Газовую сварку оловянистых бронз ведут нормальным пламенем, так как при избытке в нем кислорода выгорает олово, а при избытке ацетилена увеличивается пористость

шва. Фосфор при сварке бронз служит хорошим раскислителем, поэтому в качестве присадочного материала рекомендуется фосфористая бронза БрОФ6,5-0,4. Флюсы используют те же, что и при сварке меди.

Свинец трудно сваривается, так как при температуре плавления 327°C образуются тугоплавкие оксиды с температурой плавления 888°C. Сварку проводят нормальным ацетиленокислородным пламенем или с применением газов — заменителей ацетилена. Присадочным металлом служит свинцовая проволока или полоса. В качестве флюса применяют стеарин, которым натирают присадочный материал, а также флюс из равных частей стеарина и канифоли.

Дефекты и контроль сварочных швов

По расположению в шве дефекты бывают наружные и внутренние.

К наружным дефектам относят продольные и поперечные горячие и холодные трещины, подрезы, кратеры, остатки шлака, неровная поверхность шва, наплывы и др.

Горячие (микро- и макроскопические) трещины (рис. 3.12, а) образуются в процессе сварки углеродистых сталей при температуре 1200...1350°C. На образование трещин влияют вредные примеси (углерода, кремния, серы, фосфора и водорода) в металле валика. При наличии в сварочном шве полезных примесей (марганца, никеля и хрома) уменьшается вероятность появления горячих трещин. Кроме того, благодаря предварительному подогреву и рациональному выбору режимов сварки и наплавки и порядка наложения швов снижается влияние растягивающих напряжений. Температура подогрева, равная 150...700°C, зависит от химического состава наплавляемого металла. Трещины образуются реже при увеличении коэффициента формы провара до 7 ед., т.е.

$$K_{ф.п} = b/h, \quad (7.2)$$

где b — ширина шва, мм;

h — глубина шва, мм.

Холодные трещины (рис. 7.9, б и в) возникают при температуре ниже 400°С. Их делят на закалочные и хрупкие.

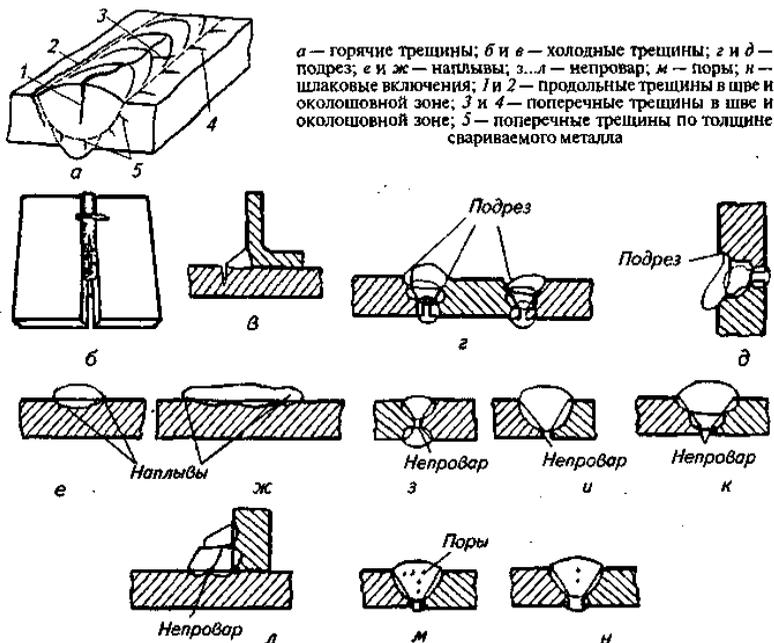


Рис. 7.9 Дефекты сварных швов

Закалочные трещины образуются на границе сплавления в средне- и высоколегированных сталях перлитного и мартенситного классов вследствие того, что объем металла увеличивается и имеют место структурные напряжения. Если неизбежно образование мартенсита, то сварку и наплавку ведут малым током и с большой скоростью. Тогда иглы мартенсита будут маленькими и возникающие напряжения недостаточны для разрушения металла.

Хрупкие трещины появляются в наплавленном слое при его быстром охлаждении. Они распространяются из наплавленного металла в основном с большой скоростью

(1200...1800 м/с). Для их предупреждения нужно предварительно подогреть детали перед наплавкой, что способствует распаду аустенита, и после медленно охлаждать.

Появлению холодных трещин способствует повышенное содержание в металле серы, фосфора, водорода, кислорода и других вредных примесей.

Подрез (рис. 7.9, *з* и *д*) характеризуется наличием канавки у края шва. Он получается при сварке током большой силы или горелкой большой мощности.

Кратеры (незаплавленные углубления), остатки шлака и неровные поверхности шва образуются в результате работы сварщика низкой квалификации.

Наплывы (рис. 7.9, *е* и *ж*) происходят при слишком быстром плавлении электрода и недостаточном нагреве свариваемого металла.

К внутренним дефектам относят непровар корня шва или его кромки, поры, шлаковые включения, пережог металла шва и др.

Непровар (рис. 7.9, *з...л*) характеризуется плохим сцеплением или даже отсутствием сцепления наплавленного металла с основным. Этот дефект получается при недостаточном прогреве свариваемого или наплавленного металла, малом угле разделки трещины, малом токе или малой мощности горелки, а также из-за большой скорости сварки.

Поры (рис. 7.9, *м*) возникают только на границе раздела фаз твердого и жидкого металла, что объясняется наличием в нем пузырьков газа CO, CO₂, H₂ и др. Они образуются при большой влажности электродов или неправильной регулировке газовой горелки, плохой очистке свариваемых и наплавленных поверхностей от масла, грязи и окалины.

Шлаковые включения (рис. 7.9, *н*) образуются при сварке длинной дугой или окислительным пламенем.

Пережог представляет собой окисленный крупнозернистый металл шва вследствие применения тока большой силы, медленного перемещения электрода или горелки.

Наружные дефекты швов контролируют визуально или через лупу с 10...20-кратным увеличением. Для выявления

трещин применяют травление шва 10%-м раствором азотной кислоты.

Внутренние дефекты обнаруживают ультразвуковым или металлографическим методом, просвечиванием шва рентгеновскими или гамма-лучами.

Способы снижения сварочных напряжений и деформаций. К таким способам относят: отпуск, аргонодуговую обработку, проковку шва и околошовной зоны, термическую или механическую правку. Рассмотрим некоторые из них.

Отпуск для снятия напряжений при сварке углеродистых конструкционных сталей проводят нагревом до температуры 630...650°C и выдержкой в течение 2...3 мин на 1 мм толщины металла. Охлаждение должно быть медленным. Оно обуславливается химическим составом стали. Чем больше содержание углерода в стали, тем меньше должна быть скорость охлаждения. В ряде случаев деталь охлаждают вместе с печью до температуры 300°C, а затем на воздухе.

При высоком отпуске сварочные напряжения снижаются (релаксация) вследствие того, что при температуре 600°C предел текучести металла близок к нулю и материал практически не оказывает сопротивления пластической деформации.

Однако высокий отпуск — дорогая операция, и при сварке и наплавке изделий из стали с повышенным содержанием углерода и легирующих элементов достаточно ограничиться предварительным местным или общим подогревом, не проводить последующей термообработки.

Аргонодуговая обработка заключается в том, что неплавящимся электродом в аргоне расплавляют участок перехода от шва к основному металлу. Это нарушает равновесие внутренних сил напряженного поля вследствие перехода части металла в жидкое или пластическое состояние. В процессе кристаллизации расплавленного металла будут вновь возникать напряжения сравнительно малого значения, так как его количество во много раз меньше, чем количество металла шва. Напряжение уменьшается на 60...70%, а полученный плавный переход от шва к основному металлу способствует значительному повышению прочности сварных соединений,

особенно при работе на переменных нагрузках.

Проковкой шва и околошовной зоны снимают почти полностью сварочные напряжения (рис. 7.10) за счет создания дополнительной пластической деформации. Ее проводят в процессе остывания металла при температуре 450 или от 150°C и ниже. В интервале температур 400...200°C в связи с пониженной пластичностью металла возможно образование подрезов.

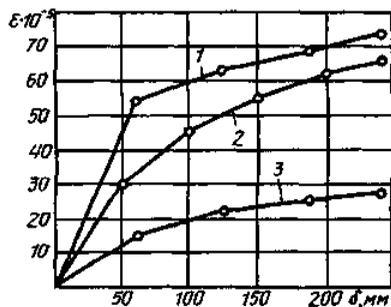


Рис. 7.10 Зависимость нарастания сварочной деформации от длины трещины в процессе сварки:

1 – в разделку за один проход; 2 – короткими участками в разборе; 3 – с проковкой

Каждый слой при многослойной сварке проковывают, кроме первого. Проковка сварных соединений также повышает усталостную прочность.

Лекция 8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

1. Сварка и наплавка под слоем флюса.
2. Вибродуговая наплавка.
3. Наплавка в среде углекислого газа.
4. Плазменная наплавка.
5. Электроконтактная приварка.
6. Индукционная наплавка.

Сварка и наплавка под слоем флюса

Механизированные способы сварки и наплавки наиболее широко используют на специализированных ремонтных предприятиях. Наряду с традиционными методами наплавки — под слоем флюса, в среде углекислого газа, вибродуговой, электроконтактной, электрошлаковой, индукционной разработаны перспективные способы наплавки: лазерная, плазменная и др.

Выбор способа наплавки обусловливается материалом детали, требуемыми физико-механическими свойствами наплавляемого слоя, геометрическими параметрами детали, износами и др.

Условно способы сварки и наплавки можно разделить на дуговые и бездуговые.

Дуговая наплавка под слоем флюса. При использовании этого способа можно повысить мощность сварочной дуги за счет увеличения допустимой плотности тока до 150...200 А/мм² (при ручной дуговой сварке плавящимся электродом не превышает 15...30 А/мм²) без опасности перегрева электрода. Производительность сварочно-наплавочных работ повышается в 6...7 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой.

Горение дуги под слоем флюса способствует резкому снижению теплообмена с внешней средой, в результате чего удельный расход электроэнергии при наплавке металла уменьшается с 6...8 до 3...5 кВт·ч/кг. Значительно улучшаются условия формирования наплавленного металла и его

химический состав. Так, содержание кислорода в наплавленном слое в 20 раз и более, а азота втрое ниже, чем при наплавке штучным электродом.

При механизации процесса сокращаются потери электродного материала на разбрызгивание и огарки с 20...30 до 2...4%, а также снижается влияние квалификации сварщика на качество сварочно-наплавочных работ.

Между электродом 1 (рис. 8.1), проходящим через мундштук 2, и деталью 11 возбуждается электрическая дуга 5. В зону горения последней по флюсопроводу 4 поступает флюс 3. Тепловая энергия, возникающая при горении дуги, оплавляет электрод и расплавляет флюс. В результате образуется флюсовый пузырь, состоящий из газовой оболочки 7 и расплавленного флюса 6, что защищает дугу и расплавленный металл 8 от воздействия внешней среды. По мере перемещения сварочной ванны наплавленный металл 9 остывает и формируется под защитой шлаковой корки 10.

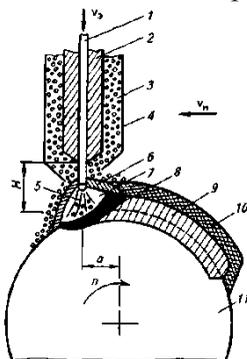


Рис. 8.1 Схема наплавки под слоем флюса цилиндрических деталей:

1 – электрод; 2 – мундштук; 3 – флюс; 4 – флюсопровод;
5 – электрическая дуга; 6 – расплавленный флюс; 7 – газовая (газошлаковая) оболочка; 8 и 9 – расплавленный и наплавленный металл; 10 – шлаковая корка; 11 – деталь; H – вылет электрода; a – смещение электрода с зенита; $v_з$ – скорость подачи электродной проволоки; $v_н$ – скорость наплавки; n – частота вращения детали

Наплавкой под слоем флюса восстанавливают и упрочняют детали с достаточно большими износами (до 3...5 мм).

Токарный станок, механизм подачи проволоки (наплавочные головки) и источник питания.

Наплавочная головка состоит из механизма подачи проволоки, изменяющего ступенчато или плавно скорости подачи электрода, мундштука для подвода проволоки к детали, флюсоаппарата, представляющего собой бункер с задвижкой для регулирования количества подаваемого флюса. В некоторых случаях во флюсоаппарат входит устройство для просеивания и транспортирования флюса в бункер.

Наибольшее распространение получила наплавка на постоянном токе, так как она способствует получению более высокой стабильности и качества процесса.

Источниками постоянного тока служат сварочные преобразователи и выпрямители с плогопадающей или жесткой характеристикой, рассчитанные на номинальный ток до 300...500 А.

При наплавке обычно применяют обратную полярность, т.е. на деталь подается отрицательный потенциал, а на электрод — положительный, что уменьшает ее нагрев и позволяет более рационально использовать теплоту.

В процессе наплавки можно в широких пределах изменять физико-механические свойства наплавленного металла за счет выбора соответствующих флюсов и электродных материалов.

Назначение и свойства флюса определяются составом входящих в него компонентов.

Шлакообразующие вещества (марганцевая руда, полевой шпат, кварц, плавиковый шпат и др.) образуют шлаковую корку, необходимую для защиты металла от окисления и улучшения формирования металла шва.

Раскисляющие* и легирующие вещества (ферромарганец, ферротитан, феррохром, алюминий и др.) способствуют раскислению сварочной ванны и легированию ее соответствующими элементами.

Газообразующие вещества (крахмал, декстрин, дре-

весная мука и т.д.) при нагреве разлагаются с выделением значительного количества газов (СО и СО₂), которые вытесняют воздух из зоны горения дуги.

Ионизирующие вещества (сода, поташ, диоксид титана) образуют легкоионизирующиеся газы, стабилизирующие горение дуги.

Различают плавленные и керамические флюсы и флюсо-смеси.

Плавленные флюсы готовят сплавлением в печах компонентов, входящих в их состав, с последующей грануляцией.

Керамические флюсы включают в себя ферросплавы с температурой плавления в 1,5...2,0 раза выше, чем остальные компоненты. Поэтому они не могут быть приготовлены сплавлением.

Компоненты измельчаются, просеиваются и смешиваются в заданных пропорциях с добавлением связующего вещества (жидкого стекла). Полученная масса гранулируется, подсушивается и прокаливается при температуре 300...400°С.

Различают мелкозернистые (0,4...2,5 мм) и крупнозернистые (1,6...4,0 мм) флюсы. Плавленные флюсы имеют низкую стоимость, обеспечивают качественную защиту металла и его легирование марганцем и кремнием. Влияние на физико-механические свойства наплавленного металла достигается подбором соответствующего электрода (табл. 8.1).

* Раскисление — процесс химического взаимодействия раскислителей (Mn, Si, Ti и др.) с оксидами металлов, в результате которого происходит восстановление последних.

Таблица 8.1 - Твердость и относительная износостойкость наплавленного металла под флюсом АН348А для разных электродов

Электрод	Твердость HRC ₂	Относительная износостойкость	Электрод	Твердость HRC ₂	Относительная износостойкость
Св-08Г2С	20...22	1,02	НП-50	28...29	1,18
Св-18ХГСА	31...33	1,18	НП-80	34...35	1,24
Нп-20	17...27	1,08	НП-30ХГСА	34...36	1,17

Посредством керамических флюсов за счет имеющихся в их составе ферросплавов можно легировать наплавленный металл хромом, титаном, алюминием и другими металлами (табл. 8.2). Однако стоимость таких флюсов выше.

Таблица 8.2 - Содержание элементов в наплавленном электродом Св-08 металле и его твердость

Флюс	Элемент, %						Твердость HRC ₃
	С	Cr	Mn	Si	Mo	V	
ЖСН-1	0,50	5,4	2,0	0,6	—	—	47...51
ЖСН-2	0,32	2,8	1,2	0,3	—	—	36...40
ЖСН-4	1,1	5,0	0,6	0,6	—	—	44...45
ЖСН-5	0,18	6,2	0,32	0,3	0,76	0,35	35...38
АНК-18	0,30	3,5	1,4	0,2	—	—	38...47
АНК-19	0,6	4,5	0,8	0,3	—	—	50...55
АНК-40	0,25	1,2	1,2	0,8	—	—	16...32

Флюсосмеси состоят из дешевого плавного флюса с добавками чугунной стружки, графита и ферросплавов.

Например, при наплавке проволокой Св-08 под слоем флюса АН-348А с добавкой 40% (по массе) чугунной стружки металл содержит около 0,55% углерода, 1,65% марганца и 1,0% кремния. Твердость металла 400...500 НВ.

С применением флюсосмесей возможна сепарация добавок, что приводит к неравномерному распределению легирующих компонентов в наплавленном металле. Чтобы устранить это явление, следует приготавливать флюс-агломерат, состоящий из 75...80% ферросплава и 20...25% жидкого стекла, что приводит к равенству насыпной массы ферросплава и флюса.

Изменение твердости наплавленного металла от содержания феррохрома и ферромарганца во флюсосмеси показано в таблице.

В зависимости от химического состава различают низкоуглеродистые (Св-08 и Св-12), углеродистые (НП-30 и НП-50), легированные (Св-12Г2, НП-50ХНТ) и высоколегированные (Св-20Х13, НП-30ХВ) проволоки.

Химический состав электродов оказывает меньшее влияние на свойства наплавленного металла, чем флюс, поскольку

ку металл интенсивно перемешивается в сварочной ванне.

Таблица 8.3 - Зависимость твердости наплавленного слоя от содержания ферросплавов во флюсе АН-348А

Элемент	Содержание, %		Твердость, HRC ₃ , проволоки	
	агломерата во флюсе	Элемента в слое	Св-08	Св-65
Феррохром	5	2,0	30	40
	10	4,0	36	48
	15	6,0	43	55
	20	8,0	48	52
Ферромарганец	5	4,8	32	40
	10	5,8	40	51
	15	7,1	48	35
	20	9,0	40	40

При наплавке деталей из низкоуглеродистых сталей применяют марганцовистые высококремнистые флюсы (АН-348А, ОСЦ-45 и др.), обеспечивающие качественное раскисление металла шва. При наплавке легированных сталей для снижения угара легирующих элементов применяют флюсы с малым содержанием кремния (АН-20).

Качество наплавленного металла зависит от выбора режима процесса. Применение высокой плотности тока приводит к повышению тепловыделения в деталь, что сопровождается увеличением объема жидкого металла ванны и глубины проплавления.

Силу сварочного тока $I_{св}$, А, и напряжение U , В, источника питания выбирают по эмпирическим формулам:

$$I_{св} = 40\sqrt[3]{D}; \quad (8.1)$$

$$U = 21 + 0,04I_{св}, \quad (8.2)$$

где D — диаметр детали, мм.

К существенным недостаткам способа относят: значительный нагрев деталей и возникновение их термических деформаций; вероятность прожога тонкостенных деталей; сложности, связанные с удалением шлаковой корки.

Вибродуговая наплавка

Это один из наиболее распространенных способов восстановления деталей на сельскохозяйственных ремонтных предприятиях. Это обусловлено рядом его особенностей: высокой производительностью (до 2,6 кг/ч); незначительным нагревом детали (до 100°С); отсутствием существенных структурных изменений поверхности детали (зоны термического влияния при наплавке незакаленных деталей 0,6...1,5 мм и закаленных — 1,8...4,0 мм), что позволяет наплавлять детали малого диаметра (от 8 мм), не опасаясь их прожога или коробления.

Применение охлаждающей жидкости в сочетании с различными электродными материалами исключает из технологического процесса последующую термическую обработку, так как твердость наплавленного металла может достигать 58...60 HRC₃. Толщину последнего можно регулировать от 0,3 до 3,0 мм. При необходимости проводят многослойную наплавку. Потери электродного материала на угар и разбрызгивание не превышают 6...8%.

Особенность вибродуговой наплавки заключается в вибрации электрода, что обуславливает наплавление металла при низком напряжении источника тока, относительно небольшой мощности в сварочной цепи, когда непрерывный дуговой процесс невозможен. При вибрации улучшается стабильность наплавки и расширяется диапазон ее устойчивых режимов.

В момент соприкосновения электрода с деталью (период короткого замыкания) сопротивление электрической цепи источник тока–электрод–деталь приближается к нулю, что способствует падению напряжения при одновременном стремлении тока к бесконечности (рис. 8.2). Реальная мощность применяемых источников тока ограничивает это значение до 1100...1300 А. Это недопустимо для электрода малого сечения, поскольку он расплавляется и разбрызгивается под действием электродинамических сил. Для ограничения тока в период короткого замыкания в цепь последовательно включают дополнительную индуктивность (дрессель).

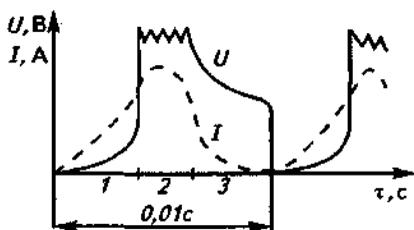


Рис. 8.2 Осциллограммы изменения силы тока I и напряжения U в процессе вибродуговой наплавки в период:
 1 – короткого замыкания; 2 – дугового разряда;
 3 – холостого хода

За счет вибрации электрод отводится от детали, и в разрыве возникает электрическая дуга (период дугового разряда). Энергия, запасенная в индуктивности, начинает освобождаться. Электродвижущая сила (ЭДС) самоиндукции складывается с ЭДС источника тока, в результате чего напряжение на дуговом разряде оказывается выше в 2 раза и более, чем на зажимах источника тока, причем оно поддерживается примерно постоянным, несмотря на изменение длины дуги. В этот период выделяется 90...95% тепловой энергии и кончик электрода оплавляется.

При достаточном удалении электрода от детали, а также израсходовании энергии, запасенной дросселем, дуга гаснет. Начинается период холостого хода. Он заканчивается тогда, когда электрод вновь касается детали и капля расплавленного металла переносится на ее поверхность. Цикл многократно повторяется, и на детали формируется валик наплавленного металла.

Длительность периодов короткого замыкания и горения дуги определяется частотой вибрации электрода, напряжением холостого хода и индуктивностью цепи. С увеличением напряжения и индуктивности возрастают период горения, а следовательно, количество выделившейся теплоты и производительность процесса. Однако чрезмерное их увеличение

нарушает стабильность процесса и возникают большие потери электродной проволоки. В каждом конкретном случае их следует подбирать оптимальными.

Установка для вибродуговой наплавки (рис. 8.3) включает в себя: наплавочную головку, закрепленную на суппорте токарного станка; источник питания; дополнительную индуктивность (дрессель); систему подачи охлаждающей жидкости.

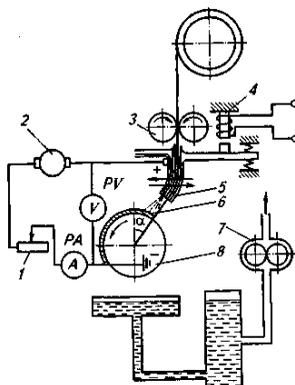


Рис. 8.3 Принципиальная схема установки для вибродуговой наплавки:

- 1 – реостат; 2 – сварочный преобразователь; 3 – механизм подачи электродной проволоки; 4 – вибратор; 5 – мундштук; 6 – электродная проволока; 7 – насос для подачи охлаждающей жидкости; 8 – наплавляемая деталь

Наплавочная головка предназначена для подачи электрода в зону горения дуги, придания ему возвратно-поступательного движения (вибрации). Частота колебаний 100...120 Гц. Наплавку проводят на постоянном токе обратной полярности. В качестве источников питания используют сварочные преобразователи и выпрямители с жесткой внешней характеристикой.

В качестве дополнительной индуктивности служат сварочные дроссели или дроссели собственного изготовления. Сварочные и наплавочные проволоки имеют диаметр 1,2...3,0

мм, ленты — толщину 0,3...1,0 мм и ширину до 10,0 мм.

Для защиты расплавленного металла применяют углекислый газ, флюс, пар и охлаждающие жидкости (4...6%-й раствор кальцинированной соды, 10...20%-й раствор технического глицерина в воде или их смесь). Вода, испаряясь, вытесняет из зоны горения дуги воздух, снижая содержание азота в наплавленном металле. Кальцинированная сода, разлагаясь, с одной стороны, стабилизирует горение дуги, с другой — снижает коррозию оборудования и восстанавливаемых деталей. Глицерин уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла и, следовательно, трещинообразование при использовании высокоуглеродистых наплавочных проволок.

Свойства наплавленного металла зависят от режимов наплавки и скорости его охлаждения (табл. 8.4).

Таблица 8.4 - Содержание элементов в металле* в зависимости от подачи жидкости при наплавке

Подача жидкости, л/мин	Элемент, %			
	C	Mn	Si	N
0	0,29	0,34	0,17	0,087
0,5	0,31	0,35	0,20	0,079
2,5	0,40	0,37	0,23	0,034

* Электродная проволока НП-60, напряжение холостого хода 18 В.

Повышение скорости охлаждения снижает выгорание углерода и легирующих компонентов, а также содержание азота, что благотворно сказывается на физико-механических свойствах металла.

Химический состав электрода также влияет на твердость наплавленного металла.

Проволока	Св-08	НП-20	НП-40
	НП-60	НП-80	Св-3ОХГСА
Твердость слоя, НRC,	12...32	13...35	15...45
	25...60	25...65	15...50

Особенность процесса с высокой скоростью охлаждения — значительная «пятнистость» слоя, вызванная взаимным термическим влиянием наплавляемых валиков. При использовании углеродистых электродов для закаленных валиков характерной структурой считают мартенсит, а для зон сплавления — сорбит или тростит.

Мелкокапельный перенос металла на деталь, высокая скорость его охлаждения могут приводить к пористости слоя, появлению микротрещин, вызванных значительными внутренними напряжениями растягивающего характера, что снижает усталостную прочность восстановленных деталей до 60%. Это необходимо учитывать при выборе номенклатуры таких деталей.

Режимы наплавки выбирают в соответствии с необходимой толщиной слоя.

Толщина наплавленного металла L , мм 0,3...0,9 1,0...1,6 1,8...2,5

Рекомендуемый диаметр электрода d , мм 1,6 2,0 2,5

Рекомендуемое напряжение источника питания U , В 12...15 15...20 20...25

Сила тока, А,

$$I = jF_{эл}, \quad (8.3)$$

где j — плотность тока, А/мм² (для $d < 2,0$ мм $j = 60...75$ А/мм²; для $d > 2,0$ мм $j = 50...75$ А/мм²);

$F_{эл}$ — сечение электрода, мм².

Индуктивность дросселя зависит от источника питания, длины соединительных кабелей. Ее подбирают экспериментально по минимальному разбрызгиванию металла и качеству его сплавления с основой.

Выбранные режимы уточняют в процессе пробных наплавов. Качество последних можно улучшить применением дополнительных защитных сред: углекислого газа, флюсов, водяного пара, а также порошковых проволок.

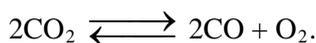
Повышение усталостной прочности восстановленных деталей достигается термомеханическим или ультразвуковым упрочнением в процессе наплавки или других упрочняющих технологий.

Наплавка в среде углекислого газа

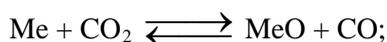
Сварку и наплавку в среде защитных газов широко используют в ремонтном производстве. Однако высокая стоимость инертных газов ограничивается только сваркой деталей из алюминиевых сплавов и высоколегированных сталей.

Наплавка в среде CO_2 постепенно вытесняет вибродугую наплавку и частично наплавку под слоем флюса. Производительность такого процесса на 25...30 % выше, чем производительность наплавки под слоем флюса. Отпадает необходимость удаления шлака. При уменьшении зоны термического влияния можно восстанавливать детали малого диаметра (практически начиная с 10 мм).

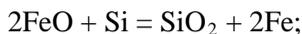
При высокой температуре углекислый газ диссоциирует, т.е.



Происходит реакция окисления расплавленного металла:



Наблюдается интенсивное выгорание углерода, легирующих компонентов, значительно ухудшается качество наплавленного металла. Для устранения этого явления рекомендуется применять легированные электродные проволоки с содержанием таких раскислителей, как марганец и кремний (не менее 1...2%), что способствует восстановлению оксидов:



Оксиды марганца и кремния всплывают на поверхность сварочной ванны, образуя тончайшую шлаковую корку.

Процесс (рис. 8.4) находит применение для сварки тонколистовых сталей при ремонте деталей облицовки, оперения тракторов, автомобилей и другой техники, заменяя ацетиленокислородную сварку, а также наплавки изношенных деталей. В первом случае используют шланговые полуавтоматы, во втором — наплавочные головки, как и при наплавке под слоем флюса, с соответствующими мундштуками и газовой аппаратурой.

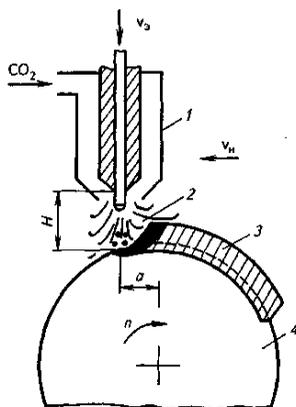


Рис. 8.4 Схема наплавки в среде углекислого газа:

1 – наплавочная горелка; 2 – зона подачи CO_2 ;
 3 – наплавленный металл; 4 – деталь; H – вылет электрода;
 a – смещение электрода с зенита; v_n – скорость наплавки;
 v_3 – скорость подачи электрода; n – частота вращения детали

В комплект газовой аппаратуры входят: баллон с углекислым газом, находящимся под давлением 7,5 МПа; редуктор, понижающий давление газа до 0,12...0,15 МПа. Поскольку испарение CO_2 сопровождается значительным поглощением теплоты, то во избежание замерзания газового редуктора предусматривается установка подогревателя.

Чтобы исключить попадание в газ паров воды, надо в газовую линию поместить осушитель.

Источники тока имеют жесткую характеристику, полярность обратная.

Применяемый сварочный углекислый газ должен содержать примесей не более 0,5%, в том числе паров воды не более 0,3%. В противном случае наблюдается пористость наплавленного металла.

Физико-механические свойства металла изменяются только за счет соответствующего подбора электрода (табл. 3.7). Поэтому рекомендуется использовать сварочные проволоки с повышенным содержанием легирующих элементов, а также марганца и кремния: Св-08Г2С, Св-08ХГСМА, Св-15Х12НМВФБ и др. Диаметр проволок 0,5...2,5 мм.

Режимы сварки (табл. 8.5) влияют на интенсивность металлургических реакций и на состав электродного и основного металла в шве.

Ток в сварочной цепи определяется напряжением на дуге, скоростью подачи и сечением электрода.

С повышением напряжения и уменьшением силы тока потери углерода, марганца и кремния растут. Увеличение силы тока более существенно отражается на глубине проплавления, чем при наплавке под слоем флюса.

Таблица 8.5 - Рекомендуемые режимы сварки металла в среде углекислого газа

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч
0,8...1,5	0,5...0,8	60...100	17...20	17...20	160...250
1,5...2,0	0,8...1,0	80...120	18...20	16...20	120...210
2,0...3,0	1,0...1,2	100...130	19...21	14...16	80...150
3,0...4,0	1,2...2,0	120...200	20...24	16...20	130...300

От расхода газа зависят коэффициент расплавления, химический состав шва и наличие пор. Конструкция современных горелок обеспечивает надежную защиту металла при расходе 6...10 л/мин. С ростом силы тока он должен быть увеличен.

При повышении скорости наплавки (табл. 8.6) снижаются потери металла на угар, разбрызгивание, уменьшается

глубина проплавления и несколько улучшаются прочностные свойства наплавленного металла.

Таблица 8.6 - Рекомендуемые режимы наплавки металла в среде углекислого газа

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного слоя, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи электрода, м/ч	Смещение электрода с зенита, мм	Скорость наплавки, м/ч	Вылет электрода, мм	Шаг наплавки, мм
10	0,8	0,8	70	17	175	0	20...25	8	1,5
20	0,8	0,8	85	18	200	3,5	20...25	8	1,8
30	1,0	1,0	95	18	150	5...8	20...25	10	1,8
40	1,2	1,0	100	19	150...175	8...10	25...30	10	1,8

Вылет электрода для сварки 2...4 мм и для наплавки 8...15 мм.

Наплавкой восстанавливают детали из среднеуглеродистых сталей 30, 40, 45Х и др. При использовании сварочных проволок Св-08Г2 твердость металла НВ 220...250, а Нп-30ХГСА — НВ 250...290. Чтобы получить более высокую твердость, необходимо провести цементацию, закалку ТВЧ или наплавку порошковыми проволоками.

К недостаткам данного способа относят: довольно большие потери электродного материала (8...12%), снижение на 10...50% усталостной прочности восстанавливаемых деталей.

Наплавка сжатой дугой (плазменная наплавка)

Одна из разновидностей дуговой наплавки — наплавка сжатой дугой. С помощью такой наплавки можно получать наплавленные слои толщиной 0,2...5,0 мм с припуском на последующую механическую обработку 0,4...0,9 мм. Производительность процесса 1...12 кг/ч. При малой глубине проплавления (0,3...3,5 мм) обеспечивается доля основного металла в наплавленном до 30% при зоне термического влияния 3...6мм. Наплавляют детали диаметром 12...15 мм, снижая на

10...15% предел выносливости (при вибродуговой наплавке — на 35...40%).

Между центральным вольфрамовым катодом 4 (рис. 8.5) и внутренним соплом 6 с помощью дросселя *LL* возбуждается электрическая дуга. Продуваемый между ними плазмообразующий газ 5 сжимает дугу, повышая ее температуру. В результате происходят термическая диссоциация газа и образование высокоионизированного потока частиц — плазмы, которая служит высококонцентрированным источником тепловой энергии — 500 кВт/см² и более с температурой 10 000...30 000 °С и более.

Между наружным 3 и внутренним 6 соплами подается транспортирующий газ, который дополнительно обжимает плазменную струю и, кроме того, может доставлять частицы наплавляемого порошка из питателя 7 к поверхности детали 2. Для защиты наплавленного металла от окисления используют защитный газ 9. Кроме порошка в плазменную струю вводят присадочный электрод.

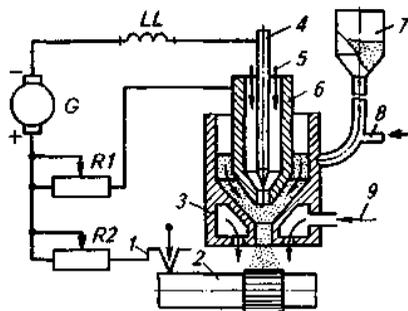


Рис. 8.5 Схема наплавки с вдуванием порошка в плазменную струю:

1 – привод; *2* – деталь; *3* – наружное сопло; *4* – вольфрамовый катод; *5* – плазмообразующий газ; *6* – внутреннее сопло – анод; *7* – питатель; *8* – транспортирующий газ; *9* – защитный газ; *G* – сварочный преобразователь; *R1* и *R2* – реостаты; *LL* – дроссель

Различают наплавку порошком, проволокой и комбинированный способ.

Устройства для получения плазменной струи называют плазмотронами. У них различная конструкция в соответствии со способом наплавки и режимами процесса.

Наплавляют по винтовой линии, однако при наличии специального механизма колебаний, перемещающего плазмотрон вдоль детали, есть возможность получения наплавленных слоев шириной до 50...60 мм. Частота колебаний плазмотрона 40...100 в 1 мин.

Для процесса используют источники постоянного тока с напряжением холостого хода не менее 120 В, номинальной силой тока до 500...600 А и крутопадающей внешней характеристикой. Силу тока косвенной и прямой дуг регулируют с помощью балластных реостатов $R1$ и $R2$ (см. рис. 8.5).

В качестве плазмообразующих газов наиболее часто используют аргон и азот, а транспортирующих и защитных — азот, углекислый газ и их смеси.

Выбор материалов для наплавки зависит от свойства наплавленного слоя как с точки зрения высокой адгезии к поверхности детали, так и с точки зрения износостойкости слоя, которая может быть в 1,5...2 раза и более выше, чем у исходной детали. В этих целях применяют порошковые твердые сплавы ПР-Н80Х13С2Р, ПР-Н65Х25С3Р3, ПГ-СР4 (ПГ-ХН80СР4), ПГ-ФБХ-6-2 (У45Х35ХСР) и др., с помощью которых можно получить твердость наплавленного слоя 25...60 НРС. Оптимальная грануляция порошков 200...600 мкм с разбросом до 30 мкм. Для наплавки используют и легированные сварочные и наплавочные проволоки.

При наплавке порошковыми твердыми сплавами наряду с высокой твердостью и износостойкостью у наплавленного металла высокая хрупкость и он плохо работает в условиях знакопеременных нагрузок. Наплавка проволочными электродами не обеспечивает высокой износостойкости, но металл достаточно пластичен. При комбинированной наплавке может быть достигнуто оптимальное сочетание физико-механических свойств.

Перед наплавкой деталь тщательно очищают от грязи, масел, оксидных пленок, обтачивают или шлифуют до получения высокого качества сцепления наплавленного слоя с деталью.

Режимы наплавки влияют на свойства слоя. Так, с увеличением сварочного тока повышается производительность процесса, но увеличиваются нагрев детали и глубина проплавления. От напряжения холостого хода зависит устойчивость процесса наплавки. При наплавке порошка оно должно быть не менее 100 В, а электродной проволоки — 70 В.

Снижение скорости наплавки приводит к увеличению толщины наплавленного слоя и повышению тепловыделения в деталь. При чрезмерном увеличении скорости уменьшаются ширина и толщина наплавленного металла и ухудшается прочность его сцепления с деталью.

При наплавке плазмотрон смещают с зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали (на 3...5 мм для деталей диаметром до 100 мм). Расстояние от сопла плазмотрона до поверхности детали 12...20 мм (при комбинированном способе — 8...16 мм). Расстояние от сопла плазмотрона до электропроводной проволоки 5...8 мм.

Плазменной наплавкой восстанавливают детали типа «вал», коленчатые и распределительные валы, фаски клапанов газораспределительного механизма и т.д.

Режимы процесса выбирают проведением пробных наплавок. Недостаток способа — высокая стоимость применяемых материалов (аргона и порошковых твердых сплавов).

Электроконтактная приварка

До 70% деталей сельскохозяйственной техники имеют износы, не превышающие 0,5 мм. Применение для их восстановления процессов, основанных на дуговой сварке (наплавка под слоем флюса, в среде защитных газов, вибродуговая), не совсем целесообразно, поскольку получаемые приращения (2...3 мм и более) требуют больших затрат на последующую механическую обработку. Кроме того, наблюдаются значительный нагрев деталей и их деформация.

Для электроконтактной приварки характерны высокая

производительность (до $100 \text{ см}^2/\text{мин}$), минимальные потери присадочного материала (до 5%) и припуск на последующую механическую обработку за счет возможности регулирования толщины наваренного слоя ($0,3 \dots 1,5 \text{ мм}$). При минимальном термическом влиянии на деталь (до $0,3 \text{ мм}$) можно восстанавливать как наружные, так и внутренние поверхности деталей из различных марок сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов.

Сущность процесса заключается в совместном деформировании навариваемого металла и поверхности основы, нагреваемых электрическим током до пластического состояния.

Привариваемая лента 2 (рис. 8.6) прижимается к детали кроликом 1. Между деталью и роликом пропускается электрический ток большой плотности от понижающего трансформатора 5. Амплитуда и продолжительность импульсов тока изменяются регулятором 6.

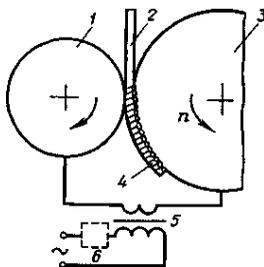


Рис. 8.6 Схема электроконтактной приварки:

1 – ролик; 2 – привариваемая лента; 3 – деталь;
4 – наваренный слой; 5 – трансформатор; 6 – регулятор цикла сварки; p – сила прижатия ролика; n – частота вращения детали

Достоинство способа — возможность получения наваренных слоев с заданными трибологическими свойствами, что в несколько раз повышает износостойкость деталей, их коррозионную стойкость и другие свойства.

При высокой скорости протекающих при наварке процессов можно обойтись без защитных газов и флюсов. Проч-

ная связь между присадочным материалом и основой достигается вследствие частичного плавления тончайших слоев металла в зоне контакта и диффузионными явлениями.

В качестве навариваемого материала применяют ленты, проволоки, а также порошки различного состава (процесс напекания). Чтобы интенсифицировать процесс, на деталь следует подавать охлаждающую жидкость.

После напекания (табл. 8.7) слой состоит из вязкой железохро-моникелевой матрицы, армированной высокотвердыми частицами карбидов, боридов, нитридов хрома, титана, вольфрама и других металлов.

Таблица 8.7 - Химический состав порошков после напекания

Порошок	Химический состав слоя, %			
	C	Si	Cr	Mn
УС-25	4,5...5,5	1,5...2,8	37,0...44,0	2,5
ПГ-ХН80СР2	0,3...0,6	1,5...4,0	12,0...15,0	1,5...2,5
ПС-1	3,4...4,0	1,0...1,5	35,0...38,0	0,2...0,4
ПС-2	5,0...6,0	2,0...2,6	45,0...55,0	0,5...1,2
СМ-У30Х30Г8Т2	2,8	0,47	28,65	7,83
СМ-У20Х15Г20	1,75	0,55	13,75	18,18
УС-25	1,0...1,8	—	62...65	4,0
ПГ-ХН80СР2	Основа Fe	—	55...60	3...5
ПС-1	—	—	35...50	2,76
ПС-2	0,5...2,0	—	58...65	4,5
СМ-У30Х30Г8Т2	—	1,9	45...51	5,5
СМ-У20Х15Г20	—	0,20	27...35	2,6

* Эталон — закаленная сталь 45.

Оборудование для электроконтактной наплавки состоит из вращателя и сварочной головки, которая определяется видом проводимого процесса. Питание процесса от трансформатора при силе тока 10...20 кА.

Малое количество теплоты приводит к отсутствию оплавления или неполному спеканию присадочного материала, а избыток обуславливает выплескивание металла и резкое ухудшение качества слоя.

Подготовка деталей к электроконтактной приварке заключается в шлифовке поверхности деталей до устранения

изношенного и наклепанного слоя и обезжиривания.

После нее проводят размерную обработку деталей, как правило, шлифованием. Припуск на механическую обработку 0,1...0,2 мм.

Электроконтактную приварку успешно применяют для восстановления и упрочнения шеек валов, отверстий в корпусных деталях, плоских и сложной формы режущих органов сельскохозяйственных машин и других деталей.

К недостаткам способа относятся: низкая стойкость роликовых электродов и связанная с этим нестабильность процесса; относительно высокая трудоемкость подготовки деталей к электроконтактной приварке.

Индукционная наплавка

При наплавке на поверхность детали наносится специальная шихта, состоящая из металлического порошка различного состава и флюсов. Деталь помещают в поле индуктора высокочастотной установки. Ток высокой частоты, проходящий через индуктор 1 (рис. 8.7), наводит в поверхностном слое детали вихревые токи, в результате чего деталь нагревается. Шихта, расположенная между индуктором и нагреваемой поверхностью детали 4, из-за высокого электрического сопротивления слабо взаимодействует с переменным электромагнитным полем. Шихта нагревается путем теплопередачи от поверхности нагреваемой детали. Температура плавления шихты должна быть на 100...150°C ниже температуры плавления металла, а скорость нагрева поверхности детали — выше скорости теплоотвода в глубину детали. При нагреве флюс расплавляется. Он вступает во взаимодействие с оксидными пленками на поверхности порошка и детали 4, восстанавливает их с образованием чистого металла и шлаков, которые всплывают на поверхность жидкого сплава 6. После прекращения нагрева формируется наплавленный слой и начинается кристаллизация металла, сопровождаемая активными диффузионными процессами.

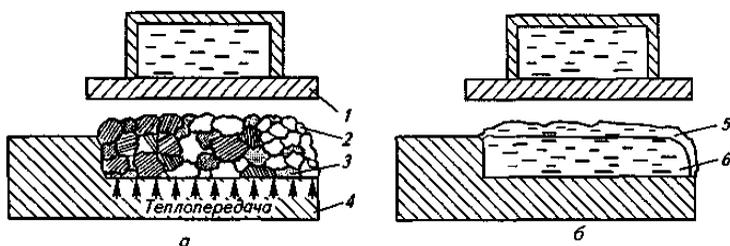


Рис. 8.7 Схема способа индукционной наплавки порошкообразной шихтой:

a – начало процесса; *б* – окончание процесса; 1 – индуктор ТВЧ; 2 – частицы наплавляемого сплава; 3 – частицы флюса; 4 – деталь; 5 – слой жидкого флюса; 6 – жидкий присадочный сплав

К флюсам индукционной наплавки предъявляют специфические требования: температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления частиц металла, что должно обеспечить надежное удаление оксидных пленок до начала плавления металла; у образующегося при наплавке шлака должны быть минимальными плотность и вязкость, чтобы обеспечивать его хорошее удаление из сварочной ванны; флюс не должен оказывать негативное влияние на свойства наплавленного металла, образовывать и выделять токсичные вещества, сепарироваться при транспортировке и хранении.

При наплавке сормайтот, псевдосплавами и другими материалами применяют флюсы, содержащие 43...62% борной кислоты, 30...42% кристаллической буры и 5...15% силикокальция. В зависимости от толщины наплавленного слоя в шихте должно содержаться 10...16% флюса.

Для индукционной наплавки используют, как правило, порошки твердых сплавов, обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики наплавленных деталей. У них должны быть минимальная магнитная проницаемость и определенный гранулометрический состав. Так, при толщине шихты 1,5...4,5 мм оптимальный размер частиц меняется от 0,2...0,4 до 0,8...1,2 мм.

Ассортимент материалов для наплавки достаточно ши-

рок. Используют высоколегированные чугуны У30Х28Н4С4 (сормайт № 1), У45Х35ГЗР2С (ФБХ-6-2), У35Х2Н5 (нихард), Ж4НДХ-15-7-2 (нирезист); сплавы на основе кобальта, вольфрама и никеля — стеллиты В2К и В3К; композитные материалы (псевдосплавы) на основе карбидов вольфрама (релиты) и хрома

При повышении в наплавленном металле содержания хрома и углерода увеличиваются твердость и износостойкость в абразивной среде, но снижаются пластичность и стойкость к ударным нагрузкам. При уменьшении содержания хрома и углерода при одновременном увеличении содержания никеля, как правило, несколько снижается твердость, но одновременно повышаются пластичность и стойкость к ударным нагрузкам.

Технологический процесс наплавки выполняют в следующем порядке. Детали очищают от масел, продуктов коррозии и других загрязнений. На восстанавливаемую поверхность наносят слой шихты. Наплавляемую поверхность помещают в индуктор, нагревают до расплавления шихты. После этого нагрев прекращается и наплавленный металл кристаллизуется. Далее по необходимости проводят термо- и механическую обработку.

Для наплавки используют высокочастотные генераторы.

Выбор частоты ТВЧ-генератора определяется необходимой глубиной проникновения электромагнитного поля в металл, мм,

$$\Delta = 5030 \sqrt{\rho / (\mu f)}, \quad (8.3)$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление материала, Ом·мм²/м;

μ — относительная магнитная проницаемость;

f — частота тока, Гц.

В зависимости от формы, габаритов детали и мощности ТВЧ-генератора применяют следующие способы наплавки:

одновременную — наплавляемая поверхность полностью вводится в поле индуктора;

последовательную — наплавляют поочередно несколько участков поверхности;

непрерывно-последовательную — наплавляемая поверхность перемещается в поле индуктора;

центробежную — наплавляют внутреннюю поверхность тел вращения.

Мощность высокочастотной установки, кВт, необходимая для наплавки,

$$P = 2500(Km_o + m_n)/(\tau_n \eta), \quad (8.4)$$

где K — коэффициент, учитывающий теплопередачу в тело детали ($K = 1, 1 \dots 1, 2$);

m_o и m_n — массы нагреваемого основного металла в зоне наплавки и наплавляемой шихты, кг;

τ_n — продолжительность нагрева, с;

η — КПД нагрева.

После наплавки для упрочнения основного металла можно использовать закалку. Наплавленные детали из среднеуглеродистых сталей и работающие в условиях знакопеременных нагрузок необходимо подвергать нормализации.

Индукционную наплавку широко применяют для восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин, фасок клапанов газораспределительного механизма ДВС, гильз цилиндров и т.д. К недостаткам способа следует отнести высокую стоимость наплавляемых материалов и технологического оборудования.

Лекция 9

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

1. Сущность процесса газотермического нанесения покрытий их достоинства и недостатки.
2. Способы нанесения газотермического покрытия и свойства покрытий.
3. Подготовка поверхностей деталей при восстановлении газотермическими способами.
4. Дуговая металлизация, плазменная металлизация.
5. Газовая металлизация и детонационное напыление.

Сущность процесса газотермического нанесения покрытий их достоинства и недостатки

Газотермическое нанесение покрытий (напыление) – это технологический процесс, при котором на восстанавливаемой поверхности формируется покрытие из отдельных частиц материалов, доставляемых на эту поверхность газом. Для большинства газотермических методов характерно расплавление наносимого материала до жидкого состояния, его распыление на капли, транспортировка от места расплавления к восстанавливаемой поверхности газом носителем с определенной скоростью и формирование покрытия из этих капель.

Покрытие формируется за счет кинетической энергии частиц, сообщаемой им транспортирующим газом, энергии разогрева частиц и энергии нагрева восстанавливаемой поверхности. Значимость каждого из перечисленных источников энергии для образования покрытий при различных методах неодинакова.

Напыление применяют для восстановления деталей с изношенными плоскими поверхностями, наружными и внутренними цилиндрическими поверхностями, заделки трещин на корпусных изделиях, повышения жаростойкости, коррозионной стойкости, получения высоких антифрикционных свойств и декоративных целей.

Металлизация — один из распространенных способов получения металлических покрытий поверхностей нанесением на эти поверхности расплавленного металла. Сущность процесса состоит в следующем: металл, расплавленный электрической дугой (при электродуговой металлизации) или ацетилено-кислородным пламенем (при газовой металлизации), и распыленный струей инертного газа или воздуха под давлением до 0,6 МПа, наносится на специально подготовленную поверхность детали. Металлизация позволяет получать слои металла толщиной от 0,1 до 10 мм и более с высокой производительностью процесса.

Соединение металлизационного покрытия с основным металлом детали происходит за счет механических и частично молекулярных связей, а также вследствие усадки покрытия при охлаждении. Одной из причин, тормозящих более широкое применение металлизации в ремонтном производстве, является относительно невысокая адгезионная и когезионная прочность покрытия. Нанесенное покрытие представляет собой пористый, хрупкий слой металла, сравнительно высокой твердости, но низкой механической прочности.

Преимущества:

- нанесение покрытий из разных металлов и сплавов как на металлическую (сталь, чугун, алюминий), так и неметаллическую (керамика, стекло и другие материалы) основу;
- возможно получение покрытий с заданными свойствами по твердости, износостойкости, пористости и другим показателям подбором материалов и режимов;
- нагревание детали не свыше 200°C, что позволяет сохранять ее структуру и свойства;
- толщина покрытия может колебаться в пределах от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров при производительности процесса до десятков килограммов напыляемого материала в час;
- нанесенный слой обладает большой маслопоглощательной способностью, что улучшает работу пар трения и повышает их износостойкость;
- процесс напыления прост и экономичен.

Недостатки:

- сравнительно невысокую прочность сцепления слоя покрытия с основным металлом;
- более трудоемкий процесс подготовки поверхностей деталей к восстановлению;
- сравнительно большие потери металла при напылении;
- затруднения в механической обработке покрытий;
- окисление наращиваемого металла;
- значительное выгорание химических элементов.

Пути обеспечения и повышения прочности сцепления наносимого материала с основой (подложкой)

Прочность соединения покрытия с основой является одной из важнейших эксплуатационных характеристик. Ее увеличивают путем:

- создания неровностей и шероховатостей поверхности дробеструйной обработкой и наклепа поверхности, что придает ей большую химическую активность;
- очистки поверхности от загрязнений, оксидных и жировых пленок, достигаемой механическими и химическими способами (обезжиривание, травление, ультразвуковая очистка в моющих растворах);
- нанесения промежуточного слоя (подслоя) любым способом;
- предварительного подогрева поверхности до температуры $\sim 150...250^{\circ}\text{C}$.

Нагрев поверхности детали перед напылением бывает необходим для ее активации с целью повышения прочности соединения покрытия с подложкой, однако в некоторых случаях это приводит к образованию пленки оксидов на этой поверхности и к снижению прочности соединения покрытия с основой.

Перед нанесением основного слоя иногда наносят подслоя из тугоплавкого или термореагирующего материала. В первом случае частицы материала (например, молибдена, никрома), обладая большим запасом тепла, подплавляют поверхность детали и привариваются к ней, во втором – частицы материала (например, Al-Ni) вступают между собой в хи-

мическое взаимодействие по принципу термитной сварки с выделением тепла и образованием между собой и с поверхностью детали прочной металлической связи.

Крупные ответственные детали (корпуса, валы) после нанесения покрытия выдерживаются в термосе при температуре 150...200°С в течение 1,0...1,5 ч, для снятия внутренних напряжений в покрытии и в зоне его соединения с деталью.

Способы нанесения газотермического покрытия и свойства покрытий

Технологический процесс нанесения покрытия

- предварительную обработку наносимого материала;
- предварительную механическую обработку восстанавливаемой поверхности;
- подготовку восстанавливаемой поверхности (нарезание «рваной» резьбы, дробеструйную обработку, обезжиривание и др.);
- изоляцию поверхностей, не подлежащих напылению (установку заглушек в масляные каналы детали, выходящие в зону напыляемых поверхностей, установку экранов, нанесение лака);
- подогрев детали;
- нанесение подслоя;
- нанесение основного покрытия;
- оплавление покрытия;
- выдержку деталей в термосе;
- снятие экранов и заглушек, очистку детали.

В соответствии с используемыми энергетическими источниками различают электродуговую, плазменную, высокочастотную (индукционную), газовую металлизацию, детонационное напыление и тигельное нанесение покрытий:



Рис. 9.1

Покрытия, нанесенные различными способами, значительно отличаются от литых материалов пористостью, которая зависит от способа нанесения, напыляемого материала, режима его нанесения и от других факторов. При прочих равных факторах пористость покрытий, нанесенных электродуговым напылением, составляет 15...20%, плазменным напылением — 2...20%, детонационным напылением — 0,2...1,5%. Пористость покрытий при жидкостном и граничном трении деталей может оказывать положительное влияние на их износостойкость и ресурс, так как поры хорошо удерживают смазку. Однако пористое покрытие имеет пониженную механическую прочность.

Прочность сцепления покрытия с подложкой — одна из основных характеристик, определяющих возможность применения способов напыления для восстановления и упрочнения деталей. При подготовке поверхности механическими, электроэрозионными способами прочность сцепления покрытий из углеродистых проволок (У7, У8) со сталью 45 не превышает 14...18 МПа. В случае газоплазменного напыления покрытий на поверхности деталей из конструкционных ста-

лей можно достичь прочности сцепления 30...40 МПа. При плазменном напылении покрытий на поверхность детали из стали, подвергнутой дробеструйной обработке, прочность сцепления покрытия с подложкой составляет 40...45 МПа. Самую высокую прочность сцепления (до 250 МПа) с основным металлом имеют детонационные покрытия, нанесение которых в ряде случаев не требует предварительной подготовки поверхности.

Твердость покрытий, полученных электродуговым напылением, составляет HRC 20...42. Возможность применения при газопламенном, плазменном и детонационном напылении различных видов порошков и их композиций позволяет получать покрытия с широким диапазоном твердости (HRC 20...65) и заданным физико-механическими характеристиками, определяющими сопротивление износу и усталости восстановленных и упрочненных деталей.

Подготовка поверхностей деталей при восстановлении газотермическими способами

Операции предварительной подготовки наносимого материала необходимы для достижения требуемой прочности соединения покрытия с восстанавливаемой поверхностью. Например, стальная высокоуглеродистая проволока очищается от консервационной смазки и других загрязнений в горячих растворах ТМС, проходит отжиг при температуре 800...850°C в течение 1,0...1,5 ч, обрабатывается в 7,5%-ном растворе серной кислоты, промывается в проточной воде и высушивается.

Предварительная механическая обработка восстанавливаемых поверхностей необходима для придания правильной геометрической формы восстанавливаемым элементам и обеспечения равномерной толщины будущих покрытий. Следует учитывать, что напыленные покрытия работоспособны при минимальной толщине ~ 0,3 мм, что также обеспечивается указанной обработкой. *Предварительная обработка заключается в точении, растачивании, подрезке или обдирочном шлифовании.*

Основная характеристика, определяющая работоспособность газотермических покрытий, — прочность их сцепления с поверхностью восстанавливаемых (упрочняемых) деталей. Она зависит от подготовки поверхности, вида напыляемого материала, способа и режима нанесения металлизационного покрытия.

Подготовка поверхности под металлизацию играет решающую роль в получении прочного сцепления напыляемого слоя с основным металлом детали. Способы подготовки восстанавливаемой поверхности под напыление в зависимости от вида используемой энергии делятся на механические, химические и термические.

Механические способы подготовки поверхности включают обработку струей газа (обдув) или жидкости либо твердым материалом. В качестве инструмента при обработке твердыми материалами используют резцы, щетки, зерна абразива. Процесс может быть интенсифицирован путем наложения ультразвуковых колебаний.

Основными видами подготовки поверхности под напыление являются нарезание рваной резьбы, канавок и дробеструйная обработка.

При нарезании рваной резьбы на цилиндрической поверхности резец имеет угол при вершине $55 \dots 60^\circ$, радиус закругления при вершине $0,3 \dots 0,5$ мм, угол резания 80° , вылет резца из резцедержателя $100 \dots 150$ мм. Нарезание такой резьбы целесообразно и на внутренних поверхностях.

На конических поверхностях нарезают кольцевые канавки. Применяют отрезные резцы с шириной режущей кромки $1,2 \dots 1,4$ мм. Режущую кромку закругляют по радиусу $0,3 \dots 0,5$ мм. Шаг канавок при обработке составляет $1,6 \dots 2,0$ мм, их глубина $0,7 \dots 0,8$ мм.

На плоских поверхностях деталей нарезают канавки по спирали Архимеда на токарных или карусельных станках. Параллельные канавки выполняют на строгальных станках.

Канавки должны быть расположены перпендикулярно к направлению нагрузки. В последующем вершины канавок прикатывают, а в заключение подвергают дробеструйной обработке.

Для поверхностей с твердостью ≤ 35 HRC применяют механическую обработку без снятия стружки — путем косой сетчатой накатки на гладких наружных цилиндрических поверхностях. Накатка увеличивает прочность соединения покрытия с деталью и почти не изменяет усталостную прочность детали. На обрабатываемую поверхность воздействуют два ролика, расположенных в одной плоскости с двух сторон детали. На роликах фрезеруют треугольные зубья с закругленными вершинами и впадинами, расположенными под углом 30° к оси ролика и направленными у одного ролика вправо, у другого влево. Материал роликов – У10А.

Применяется вибрационная обработка деталей в абразивной среде. Детали загружают в контейнер вибрационной установки с кусками размером 30...50 мм абразивного круга, а контейнеру сообщаются колебательные движения с частотой 1500...2000 мин⁻¹ и амплитудой 1,5...4,0 мм.

Термообработанные твердые поверхности перед напылением проходят струйно-абразивную обработку зернами корунда. Чугунные или стальные нетермообработанные поверхности проходят дробеструйную обработку стальной или чугунной колотой дробью (соответственно ДЧК или ДСК).

В качестве абразивных зерен применяют также стружку, отходы проволоки, карбид кремния, песок, дробленый гранит и др.

Для твердых поверхностей, для которых трудно применить механическую обработку, используют электроискровую обработку. Режим обработки: окружная скорость вращения электрода-инструмента 16...18 м/с, напряжение 30 В, сила тока 180...200 А, окружная скорость детали 8...18 м/мин. Рабочие жидкости — мыльные растворы, водные растворы буры, суспензии каолина и др.

Дуговая металлизация, плазменная металлизация

Дуговая металлизация. Это процесс, при котором металл (чаще всего в виде проволоки) расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на поверхность восстанавливаемой детали (рис. 9.2). Электродные

проволоки подаются двумя парами изолированных один относительно другого роликов, контактируют, выходя из латунных наконечников. Последние находятся под напряжением, что приводит к возникновению электрической дуги, в которой плавятся проволоки.

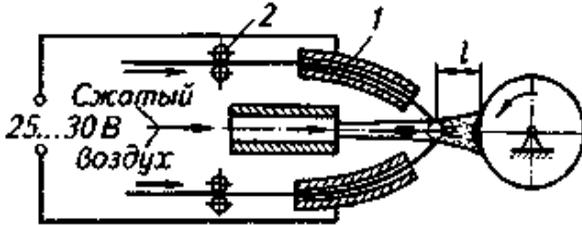


Рис. 9.2 Схема дуговой металлизации:

- 1 – латунный наконечник; 2 – изолированные ролики;
- l – расстояние от восстанавливаемой поверхности до очага плавления проволоки

Струя сжатого воздуха распылывает образующиеся капельки жидкого металла на мельчайшие частицы и с силой подает их на поверхность детали.

Раскаленные частицы, соприкасаясь со струей сжатого воздуха, охлаждаются, но достигают поверхности детали в пластическом состоянии. Ударяясь о нее с большой скоростью (до 200 м/с), они расплющиваются, заполняя неровности (образуется пористое покрытие).

При наличии пористости создаются благоприятные условия для работы подвижных соединений, ибо металлизационные покрытия обладают самосмазываемостью. Эффект последней объясняется различием в коэффициентах расширения смазки и материала детали. С повышением температуры трущихся поверхностей масло за счет большего объемного расширения выступает из пор и капилляров и смазывает поверхности трения. Особенно желателен этот эффект в начальный период работы соединения, когда между поверхностями трения находится мало смазочного материала и возможно схватывание трущихся поверхностей.

Восстанавливаемая деталь с поверхности не проплавляется, и температура ее повышается не более чем на 100...150°C. В связи с этим не происходит коробления деталей и нарушения их термообработки.

При использовании высокоуглеродистой проволоки напыляемое покрытие имеет высокую твердость — происходит закалка частиц.

Промышленностью выпускаются стационарные универсальные аппараты ЭМ-12М и ЭМ-15, работающие от сварочных преобразователей ПСМ-1000 или выпрямителей ВД-1601. Поставляют также комплекты КДМ-2 и ручной дуговой аппарат ЭМ-14М.

Плазменная металлизация. Плазма представляет собой высокотемпературный сильноионизированный газ. Он создается дуговым разрядом, размещенным в узком канале специального плазмотрона, при обдуве электрической дуги соосным потоком плазмообразующего газа. Столб дуги сжимается. Его степень ионизации и температура повышаются до 10 000...18 000°C.

В известных конструкциях плазмотронов применяют вольфрамовый (неплавящийся) катод (рис. 9.3). Анодами могут служить деталь, водоохлаждаемое сопло, деталь и сопло одновременно. В первом случае плазменную дугу называют открытой, во втором — закрытой и в третьем — комбинированной.

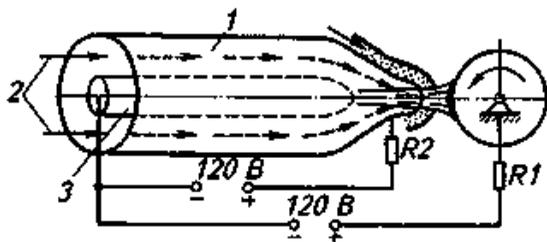


Рис. 9.3 Схема плазменной металлизации:

1 — бутылкообразное сопло (анод); 2 — плазмообразующий газ; 3 — вольфрамовый катод; R1 и R2 — сопротивления

При открытой плазменной дуге ток течет между электродом и деталью. Плазмообразующий газ совпадает с дуговым разрядом на всем пути его следования от катода до анода. Такой процесс сопровождается передачей большого количества теплоты детали, поэтому открытая плазменная дуга необходима при резке металлов.

При закрытой плазменной дуге плазмообразующий газ течет соосно с дугой лишь часть пути и, отделяясь от нее, выходит из сопла плазмотрона в виде факела плазмы. Температура такой дуги (ее сжатой части) на 25...30% выше, чем открытой. Ее используют при плавлении подаваемых в сжатую часть дуги тугоплавких порошков, напыляемых на поверхность детали.

При комбинированной плазменной дуге горят две дуги между вольфрамовым электродом и деталью, тем же электродом и водоохлаждающим соплом.

Благодаря плазмотрону с комбинированной дугой можно отдельно регулировать плавление присадочного и основного материалов изменением соответствующих сопротивлений.

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

Газовая металлизация и детонационное напыление

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

При проволочной металлизации (рис. 9.4, а) напыляемый материал поступает через центральное отверстие горелки и расплавляется в пламени горючего газа. Струя сжатого воздуха (азота) распыляет (диспергирует) материал на мелкие частицы, которые наносятся на предварительно подготовленную поверхность с образованием покрытия нужной толщины.

Проволока подается электродвигателем через редуктор или ролики, приводимые в движение встроенной в горелку воздушной турбинкой. Последняя работает на сжатом воздухе, используемом для напыления.

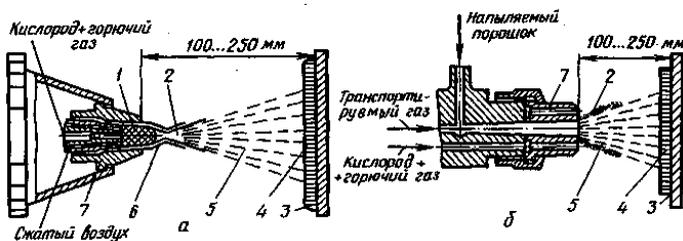


Рис. 9.4 Схема проволочного (а) и порошкового (б) газоплазменного напыления:

1 – проволока; 2 – газовое пламя; 3 – восстановленная поверхность; 4 – наплавленный слой; 5 – диспергированные частицы материала; 6 – воздушный поток; 7 – сопло

При порошковой металлизации (рис. 9.4, б) поступающий из бункера порошок разгоняется потоком транспортирующего газа и на выходе из сопла попадает в пламя, где и нагревается до необходимой температуры.

Горючим газом может быть ацетилен или пропан-бутан. В первом случае процесс выполняется на аппарате МГИ-4А, во втором — МГИ-4П.

Для напыления тугоплавких материалов применяют установку УПН-8-68, которая состоит из распылительной головки, автономно расположенного питателя и вспомогательного оборудования.

Она работает на ацетиленокислородном пламени. Транспортирующим газом служит кислород.

Детонационное напыление. Такое напыление проводят на специальной установке (пушке) с использованием энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси. На рисунке 9.5 показана схема установки ДНП-5М, переоборудованной на питание пропан-бутановой смесью и воздухом взамен соответственно ацетилена и азота. Она состоит из ствола 5, представляющего собой водоохлаждаемую трубу. Взрывная камера 3 служит для приема компонентов взрывчатой смеси и порошкового материала. Смесь подается из баллонов через смесительную камеру 4. Порошок транс-

портируется газом (азотом или воздухом) из питателя 1.

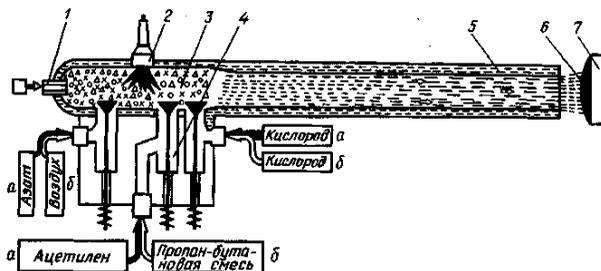


Рис. 9.5 Схема детонационной установки при технологии:
а – базовой; *б* – новой; 1 – порошковый питатель;
 2 – запальное устройство; 3 и 4 – взрывная и смесительная
 камеры; 5 – водоохлаждае-мый ствол; 6 – напыляемое
 покрытие; 7 – основание

Процесс детонационного напыления протекает следующим образом. В рабочую (взрывную) камеру 3 установки поступает точно измеренное количество взрывчатой смеси (ацетилен + кислород или пропан-бутан + кислород) и взвешенных частиц порошкового материала. С помощью запального устройства 2 она воспламеняется. Из рабочей (взрывной) камеры пламя распространяется по стволу со скоростью $(2...4)10^3$ м/с.

Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые кроме кинетической получают также тепловую энергию. Скорость выноса порошка $(0,6...1,2) 10^3$ м/с.

В зависимости от соотношения компонентов смеси можно изменять температуру (до 4000 К) и скорость продуктов детонации. Наибольшая скорость достигается при содержании в ацетиленокислородной смеси 50% кислорода, а наибольшее тепловыделение — при 71% (по объему) кислорода. Ударяясь о поверхность изношенной детали, частицы порошка образуют плотный слой покрытия.

Физико-химические и эксплуатационные свойства детонационных покрытий, как правило, превышают аналогичные характеристики покрытий, получаемых другими способами газотермического напыления.

Лекция 10

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НАРАЩИВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

1. Сущность электролитического процесса
2. Восстановление деталей хромированием.
3. Восстановление деталей железнением.
4. Способы нанесения электрических покрытий.

Сущность электролитического процесса

Свыше 85% деталей тракторов и автомобилей и 95% деталей двигателей выбраковывают при износе не более 0,3 мм. Их целесообразно восстанавливать гальваническими покрытиями, которые имеют следующие *преимущества* перед другими способами:

- отсутствие структурных изменений в металле детали, так как практически отсутствует ее нагрев;
- возможность восстанавливать незначительные износы с минимальным припуском на механическую обработку;
- возможность одновременно восстанавливать большое число деталей;
- процесс поддается механизации и автоматизации.

Недостатки процесса – сложность, недостаточная надежность, большая трудоемкость и низкая скорость нанесения покрытий, что ограничивает его использование для восстановления деталей с большими износами. Кроме того, потребление большого количества чистой воды и образование такого же количества загрязненных стоков значительно повышает себестоимость восстановления и вынуждает строить очистные сооружения, которые по стоимости и занимаемой площади сопоставимы с самим гальваническим цехом.

Исследования показывают, что в среднем около 80 % деталей двигателей и 95 % деталей шасси тракторов можно восстанавливать электролитическим наращиванием, однако восстанавливается всего лишь 10 %.

При ремонте машин *электролитические* и *химические покрытия* применяются для восстановления и упрочнения

деталей, исправления брака механических цехов (хромирование, осталивание, химическое никелирование, осаждение сплавов), защиты от коррозии и придания красивого внешнего вида (цинкование, кадмирование, фосфатирование, оксидирование, никелирование, комбинированные осадки никель-медь, никель-хром и др.), улучшения приработки поверхностей трения (лужение, меднение, фосфатирование), обеспечения сцепления резины с металлами (латунирование).

Детали, срок службы которых определяет межремонтный ресурс агрегата и замена которых в эксплуатации требует больших затрат труда и времени, следует восстанавливать хромированием (гильзы цилиндров, распределительные валы, толкатели, клапаны, плунжеры топливных насосов и др.). Хромирование применяется и для деталей, подверженных коррозионному износу (валики водяных насосов, штоки гидроцилиндров). Все другие детали предпочтительнее восстанавливать осталиванием.

Любое из покрытий может быть осаждено на деталь химическим или электролитическим способом. **Химические покрытия** образуются в результате взаимодействия поверхности детали с растворами солей металлов в присутствии химических реактивов (восстановителей). В качестве восстановителей используются различные соли щелочных металлов и ангидриды. **Электролитические покрытия** осаждаются на детали из водных растворов солей под действием электрического тока напряжением от 6 до 24 В.

Сущность электролитического процесса

В основу процесса положен электролиз металлов. При прохождении постоянного электрического тока через электроды, опущенные в электролит, в последнем образуются положительно и отрицательно заряженные ионы. Ионы, несущие положительный заряд (катионы), перемещаются к отрицательному электроду – катоду, а ионы, несущие отрицательный заряд (анионы), движутся к положительному электроду – аноду.

Достигая поверхности электродов, ионы разряжаются, превращаясь в нейтральные атомы. При этом на аноде происходит растворение металла (переход его в раствор) с выделе-

нием кислорода, на катоде выделяется металл и водород.

Теоретически количество осажденного на катоде металла G_T (в г), согласно закону Фарадея, можно определить по формуле

$$G_T = CI t,$$

где C – электрохимический эквивалент, выделяющегося на катоде вещества, г/А·ч (для хрома 0,323, для железа 1,043, для никеля 1,095 и меди 1,186);

I – сила тока, А;

T – продолжительность электролиза, ч.

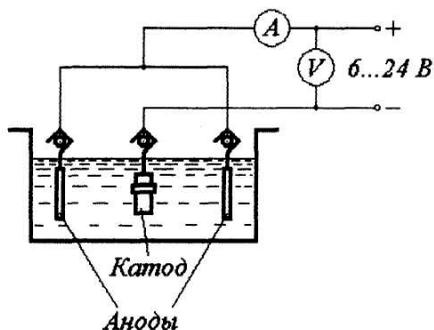


Рис. 10.1

В связи с тем, что на катоде одновременно с осаждением металла выделяется водород и могут протекать другие процессы, количество фактически осажденного металла будет меньше теоретически возможного.

Отношение действительно полученного на катоде металла G_d к теоретически возможному G_T называется катодным выходом металла по току или к.п.д. процесса, который выражается в процентах:

$$\eta = (G_d/G_T) \cdot 100 \%$$

Физический смысл выхода металла по току заключается в том, что он представляет собой коэффициент использования электрического тока. Например, при хромировании $\eta = 10 \dots 18\%$, при железнении $\eta = 85 \dots 95\%$.

Продолжительность электролиза определяется по формуле

$$t = 100h\gamma / (CD_k\eta),$$

где h – толщина осажденного металла, мм;
 γ – плотность осаждаемого металла, г/см³;
 D_k – катодная плотность тока, А/дм².

$$D_k = I/S,$$

где S – площадь катода, дм².

Качество покрытий зависит от *рассеивающей* и *кроющей* способности гальванической ванны. Под *рассеивающей способностью* при гальваническом процессе понимают степень равномерности металлического осадка на различных частях покрываемой детали, имеющей неправильную форму.

Кроющая способность – это возможность ванны покрывать имеющиеся на катоде углубления. Улучшить ее можно конструкцией подвески для завешивания детали в ванну и формой анодов.

Технологический процесс

Технологический процесс восстановления деталей электролитическим осаждением металлов состоит из подготовки деталей, нанесения покрытия, обработки детали после наращивания. Его выполняют в следующей последовательности:

- 1) *очистка деталей от грязи, ржавчины и масла*
- 2) *предварительное шлифование деталей*
- 3) *контроль размеров детали*
- 4) *изоляция подвески и мест, не подлежащих восстановлению*
- 5) *навешивание деталей на подвеску*
- 6) *обезжиривание*

- 7) анодное декапирование*
- 8) нанесение покрытия*
- 9) промывка и нейтрализация*
- 10) демонтаж с приспособлений*
- 11) термическая обработка*
- 12) механическая обработка*

Подготовка деталей. Сцепление металла покрытия с металлом детали обуславливается их межмолекулярным взаимодействием. Межмолекулярные силы заметно проявляются только в том случае, если расстояние между атомами составляет не более $5 \cdot 10^{-5}$ мкм. Они убывают пропорционально третьей степени межатомного расстояния.

Покрываемым поверхностям придают необходимую шероховатость. С них удаляют различные загрязнения, жировые и оксидные пленки. Металл осаждается на активном чистом катоде, свободном от чужеродных частиц. В результате покрытие физически срастается с основным металлом настолько прочно, что не отслаивается от детали даже при ее разрушении и работает как одно целое с основным металлом. Нарушение технологии подготовки уменьшает его сцепляемость и может привести к отслаиванию от детали.

Механическая обработка предназначена для удаления с покрываемой поверхности следов износа и придания ей требуемой шероховатости. В процессе восстановления детали обычно шлифуют до шероховатости, соответствующей 6...7-му классу, или зачищают шкуркой (при небольших равномерных износах).

Промывки органическим растворителем (бензином, керосином и др.) применяют тогда, когда необходимо дополнительно очистить деталь от грязи и масла, скопившихся в углублениях, отверстиях и т.д.

Изоляция поверхностей деталей, не подлежащих покрытию, то-конепроводящими материалами служит для сохранения геометрических размеров поверхностей, предотвращения потери электроэнергии и металла. Ее выполняют с помощью постоянных изоляторов (коробки, трубы, шайбы и т.д.) или изоляционных материалов (тонкой резины, листово-

го целлулоида, изоляционной ленты, пленочных полимерных материалов, церезина, пластизоля и др.).

Монтаж деталей на подвеску выполняют для их завешивания в ванну с электролитом. Конструкция подвески должна создавать надежный электрический контакт с покрываемыми деталями и штангой ванны. Детали располагают вертикально или наклонно для удаления водорода с поверхностей.

Обезжиривание предназначено для удаления жировых загрязнений. Этот процесс основан на том, что животные и растительные жиры под воздействием горячей щелочи разрушаются и образуют мыло (омыляются), которое легко смывается горячей водой. Минеральные неомыляемые жиры, например смазочные масла, под воздействием щелочи образуют эмульсии.

Травление предназначено для удаления оксидных пленок и дефектного слоя с покрываемых поверхностей, выявления кристаллической структуры и повышения активности металла. Его проводят химическим и электрохимическим методами.

Химическое травление черных металлов выполняют в водном растворе серной или соляной кислоты или в их смесях. Обычно применяют 15...25%-й раствор серной или 10...20%-й раствор соляной кислоты. При травлении в растворе серной кислоты его часто нагревают до 50...60°C. Продолжительность процесса (30 мин и более) зависит от состояния поверхности детали, концентрации и температуры раствора.

Нанесение покрытий. В ремонтном производстве из гальванических покрытий чаще всего применяют железнение и реже — хромирование, цинкование и никелирование.

Восстановление деталей хромированием

Хромирование – электролитический процесс получения хрома для компенсации износа, а также использования его в качестве антикоррозионных и декоративных покрытий. Электролитический хром обладает высокой твердостью (от 400 до 1200 НВ), износостойкостью, которая в 2...3 раза превышает износостойкость закаленной стали 45, теплопроводностью, теплостойкостью и кислотостойкостью. Слой элек-

тролитического хрома характеризуется хорошей отражающей способностью и имеет эстетический внешний вид.

Наряду с достоинствами следует отменить и недостатки: плохая смачиваемость покрытия маслом, сравнительно низкая производительность процесса (не более 0,03 мм/ч) из-за низкого электрохимического эквивалента и малых значений выхода по току, невозможность восстановления деталей с большим износом (более 0,3...0,4 мм), сравнительно высокая стоимость.

При хромировании применяют нерастворимые аноды, изготовленные из свинца или сплава свинца с 6 % сурьмы. Применение растворимых хромовых анодов невозможно ввиду того, что анодный выход по току хрома в 6...8 раз выше катодного. В качестве электролита при хромировании применяется водный раствор хромового ангидрида (CrO_3) и серной кислоты. Концентрация серной кислоты должна соответствовать $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{CrO}_3 = 1:100$. Концентрацию CrO_3 определяют по плотности электролита. Затем добавляют серную кислоту – 80% расчетного количества. Электролит "прорабатывают" током $D_k = 4...6 \text{ А/дм}^2$ в течение 3...4 ч с целью получения в электролите ионов трехвалентного хрома, которых должно быть 1...2% от количества CrO_3 . Проработка проводится при температуре 45...50°C и соотношении $S_k:S_a = 4...6$. После этого добавляют остальную кислоту (20%).

Электролиты для хромирования

Электролит	Количество, г/л		Режим электролиза	
	CrO_3	H_2SO_4	$D_k, \text{ А/дм}^2$	°С
Разведенный	120...150	1,2...1,5	10...40	50...65
Универсальный Кон-	200...250	2,0...2,5	20...60	45...55
центрированный	300...350	3,0...3,5	15...30	40...60

Разведенный электролит характеризуется лучшей рассеивающей способностью и более высоким выходом по току. (Рассеивающая способность – это равномерность распределения металла по покрываемой поверхности). Покрытия, полученные с использованием разведенного электролита, обладают наибольшей твердостью и износостойкостью. Этот

электролит применяют для получения износостойких покрытий и восстановления изношенных деталей.

Концентрированный электролит обладает низким выходом по току и плохой рассеивающей способностью. Покрытия, полученные с использованием концентрированных электролитов, плотные и менее напряженные. Хромированные защитно-декоративные покрытия наносятся на детали сложной конфигурации.

Универсальный электролит позволяет получать как твердые, износостойкие покрытия, так покрытия защитно-декоративные.

Виды хромирования

В зависимости от концентрации и температуры хромового электролита и плотности тока можно получить три вида покрытий: *матовые* (серые), *блестящие* и *молочные*.

Матовые осадки обладают очень высокой твердостью (900...1200 НВ), но отличаются хрупкостью и невысокой износостойкостью, что ограничивает их использование в ремонтном производстве.

Блестящие осадки обладают высокой твердостью (600...900 НВ) и износостойкостью. Хрупкость этих осадков меньше, чем у матовых осадков хрома, но тоже весьма значительна. Применяются в декоративных целях и для восстановления деталей, работающих в условиях неподвижных посадок.

Молочные осадки хрома обладают меньшей твердостью (400...600 НВ), чем блестящие и они достаточно пластичны, коррозионностойки, удовлетворительно смачиваются маслом и поэтому достаточно износостойки. Применяются для восстановления деталей, работающих на износ при больших удельных нагрузках, при динамических и знакопеременных нагрузках.

При восстановлении деталей хромированием следует учитывать условия работы деталей и в зависимости от этого принимать режим хромирования.

Пористое хромирование

Обычные хромовые покрытия плохо смачиваются маслом. Для улучшения смачивания хромированных поверхно-

стей применяют пористое хромирование, после которого масло хорошо удерживается на трущихся поверхностях и повышается их износостойкость (поршневых колец – в 2...3 раза, гильзы – в 1,5 раза).

Пористое хромирование применяется при ремонте деталей, работающих на трение в паре с различными металлами и сплавами при больших удельных нагрузках, высоких окружных скоростях и повышенных температурах. К таким деталям относятся коленчатые валы, гильзы цилиндров ДВС, поршневые кольца. При пористом хромировании создается покрытие, на поверхности которого имеется большое количество пор и сетка трещин, достаточно широких для проникновения в них масла.

Пористое хромовое покрытие можно получить электрохимическим, химическим или механическим способами. При химическом – пористый хром получают кратковременным травлением покрытия разбавленной соляной кислотой, при механическом – созданием на хромируемой поверхности углублений (насечкой, накаткой) различного размера и количества.

Для получения пористых покрытий деталь хромируют в универсальном электролите при плотности тока 40...50 А/дм², а затем переключают полярность ванны и проводят анодное травление при той же полярности тока. Канальчатую пористость получают при температуре электролита 58...62 °С и продолжительности травления 6...9 мин, а точечную – при 50...52 °С и 10...12 мин. На анодное травление оставляют припуск 0,01...0,02 мм на диаметр.

Восстановление деталей железнением

Осталивание или *железнение* представляет собой процесс гальванического осаждения железа из водных растворов его солей при прохождении через электролит постоянного тока низкого напряжения. Электрическое железо обладает достаточно высокой твердостью 220...900 НВ и износостойкостью (не ниже, чем у закаленной стали 45).

Железнение имеет ряд преимуществ перед хромированием: высокий выход по току – 85...90% (т. е. в 5...6 раз вы-

ше, чем при хромировании), высокая скорость осаждения (0,4...0,5 мм/ч), возможность получения осадков большой толщины (до 3 мм), низкая стоимость материалов для изготовления электролита.

Железнением восстанавливается широкая номенклатура автотракторных деталей (посадочные места под подшипники на валах и в корпусных деталях, крестовины дифференциала, шкворни, поворотные кулаки, распредвалы, коленчатые валы и др.).

Металлы группы железа в соединениях могут быть двух- и трехвалентными. Электроосаждение происходит из растворов двухвалентных соединений. Находящиеся в электролите двухвалентные ионы металла легко окисляются до трехвалентных кислородом воздуха. Наличие таких ионов снижает выход металла по току и ухудшает свойства покрытий.

Для железнения применяют различные электролиты: *серноокислые, хлористые и смешанные.*

Хлористые электролиты отличаются повышенным содержанием железа и большой активностью ионов, следовательно и большим выходом по току, но подвержены окислению.

Серноокислые электролиты в меньшей степени подвержены окислению и имеют меньшую агрессивность, но уступают по производительности, качеству получаемых покрытий и другим показателям. Поэтому наиболее распространены хлористые электролиты.

Хлористый электролит готовят растворением в воде солей хлористого железа и других компонентов. Возможно приготовление электролита из стружки малоуглеродистой стали 10 или 20. Ее подвергают обезжириванию в 10...15% растворе каустической соды при температуре 80...90°C, а затем промывают в горячей (70...80°C) воде. После этого обезжиренную стружку травят до насыщения соляной кислоты.

При железнении применяют растворимые аноды из малоуглеродистой стали. Общая площадь анодов должна быть в 2 раза больше покрываемой поверхности детали. При растворении анодов, изготовленных из стали, образуется шлам. Для предотвращения загрязнения электролита аноды необходимо покрывать чехлами из стеклоткани.

Электролиты разделяются на две группы: горячие и холодные.

Горячие электролиты ($t = 60 \dots 95^\circ\text{C}$) производительнее холодных. Однако при работе с ними необходим дополнительный расход энергии на поддержание высокой температуры электролита, частая его корректировка, дополнительная вентиляция и большая предосторожность со стороны рабочих.

Холодные электролиты ($t < 50^\circ\text{C}$) устойчивее против окисления и позволяют получать качественные покрытия с лучшими механическими свойствами. Во все холодные электролиты, как правило, вводится хлористый марганец, который замедляет образование дендритов и способствует получению гладких покрытий большой толщины. Марганец на электролите не осаждается и сохраняется в электролите длительное время.

Показатель	Номер электролита		
	1	2	3
Компонент, г/л:			
хлористое железо	300...350	400...600	150...200
сернокислое железо	—	—	200
аскорбиновая кислота	—	0,5...2,0	—
Режим:			
кислотность, pH	0,8...1,2	0,5...1,3	0,6...1,1
температура электролита, °C	70...80	20...50	30...50
плотность тока, А/дм ²	20...50	10...30	20...25
выход по току, %	85...95	85...92	85...92

Электролит № 1 стабилен по составу. С помощью его получают плотные и гладкие покрытия твердостью до 6500 МПа и толщиной до 1,0...1,5 мм.

Наличие в электролите № 2 аскорбиновой кислоты предотвращает его окисление и образование гидроксида железа, в результате чего возможны качественные покрытия при низкой температуре и достаточно большой плотности тока. Однако высокая стоимость аскорбиновой кислоты препятствует ее широкому применению.

Для холодного сульфатно-хлористого электролита № 3 присущи достоинства хлористых и сернокислых электроли-

тов: менее агрессивен и более устойчив к окислению, чем хлористый, и в то же время обеспечивает покрытия хорошего качества с высокой производительностью.

Способы нанесения электрических покрытий

Ванные способы. Детали помещают в электролит, находящийся в какой-либо емкости (в стационарных ваннах, колоколах, колокольных и барабанных ваннах).

Стационарная ванна (рис. 10.2) представляет собой емкость прямоугольной формы. В нее входят: нагревательное устройство (при необходимости); бортовые отсосы для удаления вредных испарений; катодные и анодные штанги, подсоединенные к источнику тока, для завешивания деталей и анодов. Внутреннюю поверхность ванны футеруют кислотоустойкими материалами.

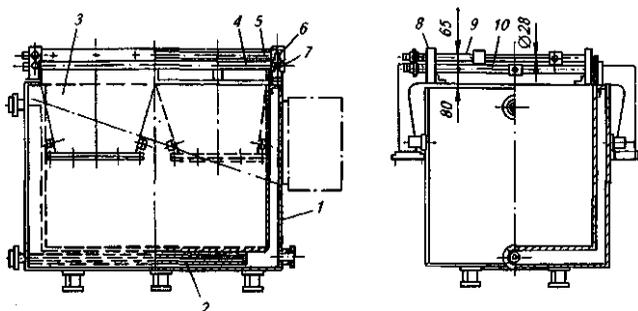


Рис. 10.2 Схема ванны для хромирования:

1 – корпус; 2 – барботер для нагрева; 3 – бортовой отсос; 4 к 5 – катодная и анодная продольные штанги; 6 и 7 — анодная и катодная поперечные штанги; 8 — изолятор под штанги; 9 и 10 — анодная и катодная токоподводящие штанги

Мелкие детали (например, метизы при цинковании) покрывают во вращающихся колоколах и барабанах из токопроводящего кислотостойкого материала.

Колокол имеет форму усеченного конуса. Он приводится во вращение с частотой 8...15 мин⁻¹. Ток к деталям (катоде), насыпанным в корпус, подводится с помощью металли-

ческих щеток или опусканием в него стержня или провода с грузом, контактирующим с деталями. Анод представляет собой пластину, опускаемую в корпус на переносном штативе.

Детали загружают в колокол с электролитом, в который помещают анод, включают механизм его вращения и источник тока. При вращении детали пересыпаются, контактируют с катодом и между собой. Некоторые из них временно могут оказаться не под током. По окончании электролиза колокол наклоняют над баком с сеткой. Детали попадают в сетку, а электролит стекает в бак, откуда он снова заливается в колокол.

К недостаткам колокольных ванн относят: быстрый нагрев электролита, низкую производительность и значительные потери электролита.

Колокола погружного типа и барабанные ванны лишены отмеченных недостатков. Колокол 1 (рис. 10.3) или барабан вращается в емкости 3 с электролитом, который поступает к деталям через отверстия в стенках. Анодные пластины подвешивают на штанги 5 по обеим сторонам колокола. Детали выгружают поднятием последнего из емкости. Электролит выливается в емкость, а детали по желобу 2 высыпаются на установленную рядом сетку 4.

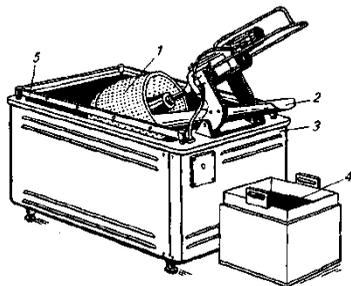


Рис. 10.3 Колокольная ванна:
1 – колокол; 2 – желоб; 3 – емкость;
4 – сетка; 5 – анодная штанга

Безваннные способы. При восстановлении корпусных и других крупных деталей площадь наращиваемых поверхностей мала по сравнению со всей площадью. Поэтому их

наращивают безванными способами: проточным, струйным, электроконтактным и др.

Принцип такого нанесения заключается в том, что у поверхности, подлежащей покрытию, с помощью несложных устройств создают местную электролитическую ячейку (ванночку), в которую подают электролит, а деталь и анод подключают к источнику тока.

При *проточном* способе электролит прокачивают насосом с определенной скоростью через пространство между покрываемой поверхностью и анодом (например, через отверстие в корпусе коробки передач). Наибольшая скорость осаждения металлов достигается при скорости протекания электролита более 1 м/с, создающей турбулентный режим течения. Плотность тока может быть увеличена в 5...10 раз (при железнении — до 200...300 А/дм² и более).

При *струйном** способе электролит подают струями в межэлектродное пространство через отверстия насадка. Последний одновременно служит анодом 3 (рис. 10.4, а) и местной ванночкой. Для получения равномерного покрытия деталь вращается с частотой до 20 мин⁻¹. Этого можно достичь и при неподвижной детали, если отверстия в аноде, через которые поступает электролит, выполнить под углом 30...40° к радиальному направлению (рис. 10.4, б).

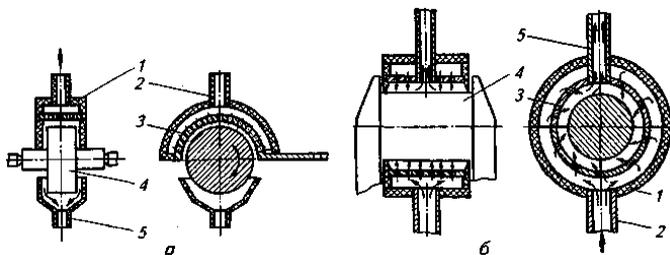


Рис. 10.4 Схемы электролитических ячеек для струйного осаждения металлов:

- а – с вращением детали; б – без вращения детали; 1 – корпус;
2 – подводящий штуцер; 3 – анод; 4 – деталь;
5 – сливной штуцер

При проточном и струйном способах за счет уменьшения обеднения прикатодного слоя электролита создаются условия, позволяющие в 2...3 раза повысить производительность процесса. Эти способы обеспечивают более высокое качество покрытий и лучшую равномерность. Первым восстанавливают посадочные поверхности корпусных деталей (блоков цилиндров, корпусов коробок передач и др.), а вторыми — крупные валы, например коленчатые.

В ремонтном производстве применяют также *местное осаждение* при неподвижном электролите. Отверстие герметизируют снизу, заливают в него электролит 2 (рис. 10.5), устанавливают анод 3 и подключают к источнику тока. Само отверстие служит ванночкой. Этот способ часто применяют для восстановления посадок под подшипники в корпусных деталях.

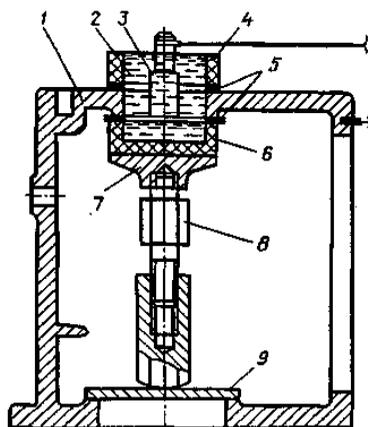


Рис. 10.5

Железные проводят в электролите № 2 при катодной плотности тока $10...20 \text{ А/дм}^2$. Его предварительно нагревают до температуры $50...60^\circ\text{C}$ и заливают в местную ванну. В дальнейшем ее поддерживают на уровне $60...90^\circ\text{C}$ за счет выделения теплоты при электролизе.

Иногда анодное травление поверхности проводят непосредственно в электролите железнения: включают ток обратной полярности («+» на деталь и «—» на анод) и травят при плотности тока $10 \dots 15 \text{ А/дм}^2$ в течение $1 \dots 1.5$ мин. Затем переключают полярность («—» на деталь и «+» на анод) и выполяют железнение до необходимой толщины.

Электролиз происходит в очень маленьком объеме электролита без регулирования температуры. В результате он обедняется, перегревается и усиленно испаряется. Поэтому местным железнением трудно получить высококачественные покрытия толщиной более $0,3 \text{ мм}$. Для увеличения объема электролита и улучшения условий электролиза устанавливают стакан *б* и кольцо *4*.

Сущность *электроконтактного* способа (*электронтирования*) заключается в том, что электроосаждение металла происходит при прохождении постоянного тока через маленькую ванночку. Последняя образуется в зоне контакта покрываемой детали *7* (рис. 10.6) с анодом *3*, обернутым адсорбирующим, пропитанным электролитом материалом. Деталь и анод перемещаются одна относительно другого (деталь вращается при неподвижном аноде, или наоборот), т.е. возникает трение анода по детали.

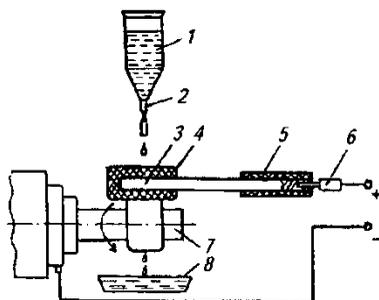


Рис. 10.6 Схема электроконтактного осаждения металла:
1 – сосуд с электролитом; *2* – кран; *3* – графитовый анод;
4 – тампон; *5* – рукоятка; *6* – штекер; *7* – деталь; *8* – ванна

Чаще используют нерастворимые аноды, представляющие собой угольный стержень, плотно обернутый адсорбирующим материалом (обычной или стеклянной ватой, губкой в суконном чехле, фетром, войлоком, капроном). Обертку называют анодным тампоном. Он непрерывно смачивается электролитом, который поступает к нему через шланг от сосуда, расположенного над установкой. Электролит стекает затем в емкость, находящуюся под деталью.

К недостаткам этой установки относят перегрев и испарение электролита в тампоне, возникновение загазованности и быстрое изнашивание тампона, что снижает производительность процесса и качество покрытий. Для их устранения заменяют скольжение анодного тампона по детали его качением (рис. 10.7). За счет большей площади контакта анодного устройства с деталью увеличиваются допустимая плотность тока и производительность процесса. Благодаря такому устройству значительно улучшается равномерность распределения тока по окружности катода по сравнению с обычным тампоном трения скольжения. Поэтому предложено режим электролиза характеризовать средней плотностью тока, равной отношению силы проходящего тока ко всей площади покрываемой поверхности, а не к площади контакта.

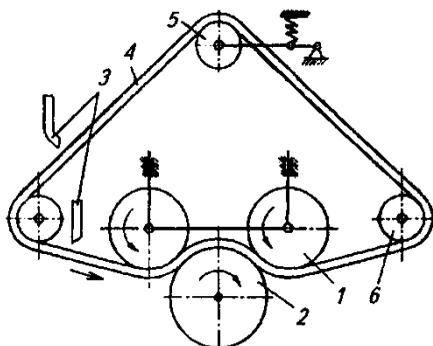


Рис. 10.7 Схема анодного устройства с ленточным тампоном: 1 – анод; 2 – катод (деталь); 3 – трубки подачи электролита; 4 – ленточный тампон; 5 и 6 — натяжной и направляющий ролики

Разработан также устойчивый к окислению состав электролита из сульфата (250...300 г/л) и хлорида (130...150 г/л) железа. Режим процесса: pH 0,9...1,2; средняя катодная плотность тока 20...60 А/дм²; скорость вращения катода 20...40 м/мин; расход электролита 0,3...0,6 л/мин; угол обхвата детали тампоном 90...120°. Скорость осаждения составляет 3,3...12,3 мкм/мин, их микротвердость 5500...7000 МПа. Покрытия осаждаются гладкими и равномерными. Если их толщина достигает 0,1 мм, то не требуется последующая механическая обработка.

При электроконтактном способе за счет постоянного обновления электролита и перемещения анода значительно повышаются производительность процесса и свойства покрытий, уменьшаются их шероховатость и дендритообразование, улучшается равномерность, что позволяет во многих случаях исключить последующую обработку; нет необходимости изолировать непокрываемые поверхности. Однако в отличие от ваннных способов, когда одновременно покрывают десятки деталей, электроконтактный способ требует индивидуального подхода. Поэтому его целесообразно применять для восстановления и упрочнения посадочных поверхностей крупных валов, осей и корпусных деталей с помощью цинковых, железозинковых, железных, медных и хромовых покрытий.

Лекция 11

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

1. Полимерные материалы применяемые при восстановлении деталей.
2. Термопластические и терморезистивные пластмассы, область их применения.
3. Технология заделки трещин и пробоин.
4. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения.
5. Способы и нанесения полимерных материалов на поверхности деталей.

Полимерные материалы применяемые при восстановлении деталей

Общие сведения. Пластические массы используют в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в машиностроении и ремонтном производстве. Применение пластмасс при ремонте сельскохозяйственной техники по сравнению с другими способами позволяет снизить трудоемкость восстановления деталей на 20...30%, себестоимость ремонта на 15...20 и расход материалов на 40...50%.

Плотность различных видов пластмасс может колебаться в пределах 0,9-2,2 г/куб.см. Как правило, пластмассы легче других материалов. Например, пластмасса легче алюминия в 2 раза, в 5-7 раз легче меди, стали, бронзы, свинца и т.д. К особому классу относятся пенопласты и поропласты, которые обладают очень малой плотностью от 0,02 до 0,1 г/куб.см и малой теплопроводностью.

Пластическими массами называют материалы, изготовленные на основе высокомолекулярных органических веществ и способные под влиянием повышенных температур и давления принимать определенную форму, которая сохраняется в условиях эксплуатации изделия. Пластмассы представляют собой сложные многокомпонентные смеси. Их главная составная часть — полимер, соединяющий все компоненты. Кроме

него в состав входят наполнители, пластификаторы, отвердители, катализаторы (ускорители), красители и другие добавки.

Наполнителями служат твердые материалы органического и неорганического происхождения. Они придают пластмассам прочность, твердость, теплостойкость, а также некоторые специальные свойства, например антифрикционные или, наоборот, фрикционные. Кроме того, наполнители снимают усадку при прессовании.

Пластификаторы представляют собой нелетучие жидкости с низкой температурой замерзания. Растворяясь в полимере, пластификаторы повышают его способность к пластической деформации. Их вводят для расширения температурной области высокоэластического состояния, снижения жесткости пластмасс и температуры хрупкости.

В качестве пластификатора применяют сложные эфиры, низкомолекулярные полимеры и др. Пластификаторы должны оставаться стабильными в условиях эксплуатации. Их наличие улучшает морозостойкость и огнестойкость пластмасс.

В состав пластмасс могут также входить стабилизаторы, отвердители, красители и другие вещества.

Стабилизаторы вводят в пластмассы для повышения долговечности. Светостабилизаторы предотвращают фотоокисление, а антиокислители – термоокислительные реакции.

Отвердители изменяют структуру полимеров, влияя на свойства пластмасс. Чаще используют отвердители, ускоряющие полимеризацию. К ним относятся оксиды некоторых металлов, уротропин и др.

Специальные химические добавки вводят с различными целями; например, сильные органические яды – фунгициды – для предохранения пластмасс от плесени и поедания насекомыми в условиях тропиков.

Смазывающие вещества (стеарин, олеиновая кислота) применяют для предотвращения прилипания пластмассы к оборудованию при производстве и эксплуатации изделий.

В некоторых случаях пластмассы могут состоять только из полимера. В зависимости от химической природы их делят на термопластичные и термореактивные.

Термопластичные пластмассы (полиамиды, полиэтилен, полистирол и др.) при многократном нагревании и охлаждении сохраняют способность размягчаться, плавиться и вновь затвердевать, что связано с их линейной или разветвленной структурой макромолекул. В них не происходят химические реакции.

Терморезистивные пластмассы (пресс-порошки, текстолит, эпоксидные композиции и др.), нагреваясь, необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние, связанное с образованием пространственной (сшитой) структуры.

Первые перерабатывают литьем под давлением, прессованием, напылением, нанесением из растворов, вторые — прессованием и нанесением из растворов.

Физико-механические свойства пластмассы представлены большим разнообразием. Пластиковые материалы могут быть жесткими, напоминающими керамику, дерево или гибкими, упругими, резиноподобными.

Свойства пластмасс

1. **коррозионная стойкость.** В отличие от металлов, они способны противостоять атмосферной коррозии, но также и устойчивы к воздействию различных щелочей, кислот, растворителей и солей.

2. **фрикционными свойствами и стойкостью к износу.** Многие виды пластмассы имеют низкий коэффициент трения и весьма малый износ. Такие материалы, как текстолит, капрон и древесно-слоистые пластинки, с успехом заменяют в подшипниках и прочих узлах трения бронзу и баббит. Капрон имеет износоустойчивость в 10-20 раз выше, чем бронза и баббит, при смазке, а при сухом трении уже в 100-160 раз.

3. **диэлектрические свойства.** К диэлектрикам относят материалы, которые плохо проводят электрический ток или не проводят его совсем. Так вот, большинство пластмасс являются хорошими диэлектриками.

4. **оптические свойства пластмасс.** Некоторые виды пластмасс, такие как полиметилметакрилат, поликарбонат и полистирол, называются органическими стеклами.

5. **о внешнем виде** пластмасс, стоит отметить, что

большинство из них имеет твердую, гладкую поверхность. Пластмассовые изделия не требуют лакировки и окрашивания, поскольку уже могут иметь цвет.

6. **простота их переработки в изделие.**

7. **доступность сырья для их производства.** Для получения синтетических пластмасс используют простые химические вещества, которые, в свою очередь, были получены из столь же доступных видов сырья: угля, нефти, воздуха, извести и прочих веществ.

Рассмотренные нами свойства пластмасс относятся к достоинствам данного вида материалов, однако не стоит забывать и о некоторых недостатках.

Недостатки:

1. **низкая теплостойкость.** Основные виды пластмасс способны удовлетворительно работать в пределах сравнительно небольшого интервала температур: от минус 60 до плюс 120 градусов. Пластмассы, имеющие в своей основе кремнийорганические полимеры и фторопласты, обладают более высокой рабочей температурой: 200 градусов и более.

2. **Низкая теплопроводность** пластмасс способствует значительным трудностям в применении их в узлах и деталях машин, где требуется быстрый отвод тепла. Теплопроводность пластмассы ниже теплопроводности металлов в 500-600 раз. Для повышения этого показателя иногда используют теплопроводящие наполнители, например, графит или металлические порошки.

3. **Низкая твердость и ползучесть.** Твердость пластмасс по Бринеллю варьируется от 6 до 60 кгс/мм. При конструировании деталей необходимо учитывать ползучесть. У пластмасс это свойство выражено гораздо сильнее, чем у металлов.

4. **Низкая прочность.** Даже самые жесткие пластмассы, к которым относят стеклопластики, имеют механическую прочность в 1,5 раза меньшую, чем металлы.

5. Пластмассы подвержены **старению**. Находясь под воздействием нагрузки, влаги, тепла, воды или света, а также от длительного пребывания в атмосферных условиях, пластмассы изменяют свои свойства.

**Термопластические и термореактивные пластмассы,
область их применения**

Области применения некоторых термопластичных пластмасс

Пластмасса	Интервал рабочих температур, С	Область применения
Полиэтилен высокого давления	-70...+70	Упаковка, ненагруженные детали машин и оборудования, футляры, покрытия, фольги
Полиэтилен низкого давления	-70...+80	Тоже
Полистирол	-40...+65	Оборудование радиотехники и фотографии, электроизоляция, пенящиеся изоляционные материалы (стиропиан)
Полипропилен	-20... +130	Трубы, детали автомобилей, элементы холодильников, емкости, упаковка
Поливинилхлорид	-40...+70	Химическое оборудование, трубы, профили, детали машин, элементы насосов и вентиляторов, упаковка, покрытие полов, искусственная кожа, оконные рамы и т. п.
Полиамид	-60... +100	Детали машин, канаты, шнуры, одежда
Полиметилметакрилат (органическое стекло)	-60...+100	Детали освещения и оптики, остекление в самолетостроении, на наземном и водном транспорте
Поликарбонаты	-100...+135	Точные детали машин и аппаратуры, радио- и электротехника, фотографические пленки и др.
Политетрафторэтилен (тефлон)	-269... +260	Химическая, электротехническая, машиностроительная (подшипники) промышленность

Полиэтилен является продуктом полимеризации этилена. Разрушающее напряжение при растяжении полиэтилена низкой плотности составляет 10 – 17 МПа, полиэтилена высокой плотности – 18 – 35 МПа.

Полипропилен является полимером пропилена. большую теплостойкость и меньшую склонность к старению. Разрушающее напряжение при растяжении полипропилена достигает 25 – 40 МПа. Недостатком полипропилена является его невысокая морозостойкость (–20°С).

Полистирол относится к числу наиболее известных и широко применяемых пластмасс.

Полистирол – твердый, жесткий, бесцветный, прозрачный, аморфный полимер, легко окрашиваемый в различные цвета. Его применяют для изготовления деталей машин и аппаратов, непосредственно контактирующих с пищевыми продуктами (молоком и молочными продуктами, вином, коньяком, шампанским и др.), а также для тары и упаковки. Его используют для изготовления пористых материалов.

В числе различных синтетических материалов широкое распространение получили так называемые **газонаполненные пластики**. Эти материалы разделяются на **пенопласты** и **поропласты**. У пенопластов микроскопические ячейки, наполненные газом, не сообщаются между собой, и плотность таких материалов, как правило, менее $0,3 \text{ г/см}^3$. Ячейки у поропластов сообщаются между собой, и их плотность несколько выше. Пенопласты и поропласты выпускаются на основе полистирола, поливинилхлорида и различных эфирных полимеров.

Фторопласты – полимеры фторпроизводных этиленового ряда. Фторопласты имеют прочность при растяжении 15 – 35 МПа, при изгибе 10 – 15 МПа; относительное удлинение при разрыве 250 – 350 %.

Полиамиды включают группу известных термопластичных пластмасс (таких, как найлон, капрон и др.). Ориентированные полиамиды характеризуются высокой прочностью на растяжение (более 400 МПа), ударопрочностью, способностью к поглощению вибрационных нагрузок.

Полиуретаны – наиболее ценные и широко производимые промышленностью термопластичные полимеры. Они характеризуются высоким модулем упругости, износостойкостью, вязким коэффициентом трения, стойкостью к вибрациям, атмосферостойкостью, а также стойкостью к воздействию масла и бензина. Изделия из полиуретана можно эксплуатировать при понижении температуры до $-60 \dots -70^\circ\text{C}$. Волокна из полиуретана малогигроскопичны и имеют высокую химическую стойкость. Их используют для изготовления изоляций, фильтровальных и парашютных тканей.

Стекло органическое (плексиглас) получают полимеризацией сложных эфиров метакриловой кислоты. Обычно

применяют полиметилметакрилат. Этот термопласт оптически прозрачен (светопрозрачность до 92 %), имеет низкую плотность, высокую атмосферостойкость, стоек к воздействию разбавленных кислот и щелочей, углеводородного топлива и смазок. Стекло органическое выпускается в виде листов толщиной до 25 мм. Его недостаток – низкая поверхностная твердость.

Поликарбонат – Поликарбонат характеризуется низкой водопоглощаемостью и газопроницаемостью, хорошими диэлектрическими свойствами, высокой жесткостью, теплоустойчивостью и химической стойкостью, не имеет запаха и вкуса, физиологически безвреден, бесцветен, прозрачен, хорошо окрашивается. Стоек к световому старению и действию окислителей даже при нагреве до 120°C. Это один из наиболее ударопрочных термопластов, что позволяет использовать его в качестве.

Области применения некоторых терморезистивных пластмасс

Вид пластмассы	Плотность, г/см ³	Прочность при растяжении, МПа	Интервал рабочих температур, °С	Области применения
Фенопласт	1,7	30	-60 ...+14 0	Малонагруженные детали, корпуса приборов, панели, электроизоляционные детали
Аминопласт	1.8	80	-60 ... +130	Детали осветительной аппаратуры, электротехнические и электроизоляционные детали, изделия бытового назначения
Волокнит	1,6	50	-60... +200	Шкивы, маховики, втулки, диски, кожухи, детали с повышенными антифрикционными свойствами
Текстолит	1,3	95	-40... 160	Шестерни, втулки, подшипники скольжения, конструкционные и электроизоляционные детали
Асботекстолит	1,6	90	-60 ... +250	Тормозные и фрикционные устройства, лопасти ротационных бензонасосов, детали теплозащиты и теплоизоляции

Технология заделки трещин и пробоев

Ремонт деталей с трещинами и пробоями. Блоки цилиндров, их головки, картеры коробок передач и другие детали ремонтируют с использованием эпоксидных смол.

Широко используют эпоксидную смолу ЭД-16 — прозрачную вязкую массу светло-коричневого цвета. В герметически закрытом сосуде при комнатной температуре она может храниться продолжительное время.

Смола отвердевает под действием отвердителя. В качестве последнего служат алифатические амины (полиэтиленполиамин), ароматические амины (АФ-2), низкомолекулярные полиамиды (Л-18, Л-19 и Л-20). Самым распространенным считается полиэтиленполиамин — вязкая жидкость от светло-желтого до темно-бурого цвета. Чтобы повысить эластичность и ударную прочность отвержденной эпоксидной смолы, следует вводить в ее состав пластификатор, например дибутилфталат — желтоватую маслянистую жидкость.

С помощью наполнителей улучшаются физико-механические, фрикционные или антифрикционные свойства, повышаются теплостойкость и теплопроводность и снижается стоимость. К ним относят чугунный, железный и алюминиевый порошки, асбест, цемент, кварцевый песок, графит, стекловолокно и др.

Эпоксидную композицию готовят следующим образом. Разогревают тару с эпоксидной смолой ЭД-16 в термошкафу или емкости с горячей водой до температуры 60...80°С и наполняют ванночку необходимым количеством смолы. В последнюю добавляют небольшими порциями пластификатор (дибутилфталат), тщательно перемешивая смесь в течение 5...8 мин. Далее так же вводят наполнитель и перемешивают 8...10 мин.

Приготовленный состав можно хранить длительное время. Непосредственно перед его использованием вливают отвердитель и перемешивают в течение 5 мин, после чего эпоксидная композиция должна быть использована в течение 20...25 мин.

Качество эпоксидных покрытий во многом зависит от

состава композиции (табл. 11.1).

Таблица 11.1 - Составы эпоксидных композиций в частях по массе

Компонент	А	Б	В	Г	Д
Смола ЭД-16	100	100	100	100	—
Компаунд К-115	—	—	—	—	120
Дибутилфталат	10...15	15	15	—	—
Полиэтиленполиамин	8	10	10	—	—
Олигоамид Л-19	—	—	—	30	—
Отвердитель АФ-2	—	—	—	—	30
Железный порошок	—	160	—	120	—
Цемент	—	—	—	60	—
Алюминиевая пудра	—	—	25	—	—
Графит	—	—	—	—	70

Трещины длиной до 20 мм заделывают следующим образом. С помощью лупы 8...10-кратного увеличения определяют границы трещины и на ее концах сверлят отверстия диаметром 2,5...3,0 мм. Затем по всей длине снимают фаску под углом 60...70° на глубину 1,0...3,0 мм. Если толщина детали менее 1,5 мм, то снимать фаску не рекомендуется.

Зачищают поверхность на расстоянии 40...50 мм от трещины до металлического блеска. Обезжиривают поверхности трещины и зачищенного участка, протирая их смоченным в ацетоне тампоном. После просушивания в течение 8...10 мин поверхность детали вновь обезжиривают и вторично просушивают.

Деталь 1 (рис. 11.1, а) устанавливают так, чтобы поверхность с трещиной 2 длиной до 20 мм находилась в горизонтальном положении, и наносят шпателем эпоксидный состав 3 на поверхности трещины и зачищенного участка. Заделывают трещины чугунных и стальных деталей составом Б, а из алюминиевых сплавов — В.

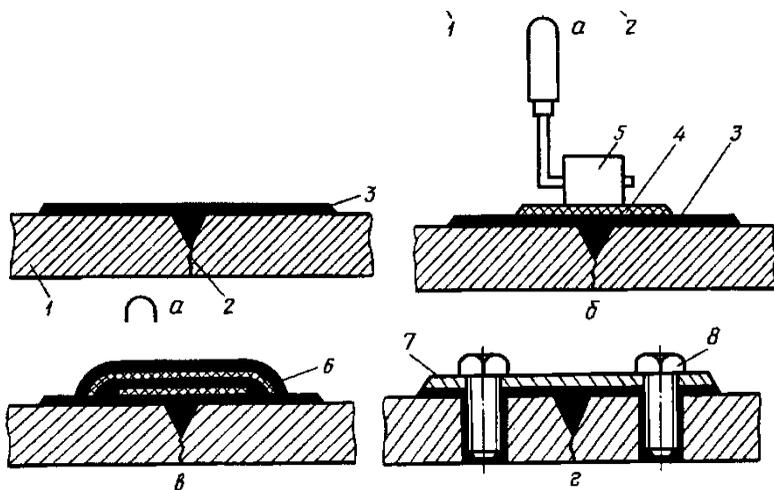


Рис. 11.1 Схемы заделки трещин:
a...г – варианты; *1* – деталь; *2* – трещина; *3* – эпоксидный состав; *4* и *б* – наклейки из стеклоткани; *5* – ролик;
7 – металлическая наклейка; *8* – болт

Трещину длиной 20...150 мм (рис. 11.1, б) заделывают так же, но после нанесения эпоксидного состава *3* на нее дополнительно укладывают наклейку *4* из стеклоткани. Последняя перекрывает трещину со всех сторон на 20...25 мм. Затем наклейку прикатывают роликом *5*. На ее поверхность наносят слой состава и накладывают вторую наклейку *б* (рис. 11.1, в) с перекрытием первой на 10...15 мм.

Далее прикатывают роликом и наносят окончательный слой эпоксидного состава.

На трещины длиной более 150 мм (рис. 11.1, г) наносят эпоксидный состав с наложением металлической наклейки и закреплением ее болтами *8*. Подготовка поверхности и разделка трещины такие же, что и для трещины длиной менее 150 мм. Наклейку *7* изготавливают из листовой стали толщиной 1,5...2,0 мм. Она должна перекрывать трещину на 40...50 мм. В наклейке сверлят отверстия диаметром 10 мм. Расстояние между их центрами вдоль трещины 60...80 мм. Центры долж-

ны отстоять от краев накладки на расстоянии не менее 10 мм.

Размещают накладку на деталь и заворачивают болты, предварительно покрыв резьбовые поверхности тонким слоем эпоксидного состава. Пробоины на деталях заделывают с помощью этого же состава с наложением металлических накладок заподлицо или внахлестку. В первом случае (рис. 11.2, *a*) притупляют острые кромки пробоины и зачищают поверхность детали вокруг пробоины до металлического блеска на расстоянии 10...20 мм. Накладку изготавливают из листовой стали толщиной 0,5...0,8 мм. Она должна перекрывать пробоину на 10...20 мм. Обезжиривают и просушивают в течение 8...10 мин кромки пробоины и защищенный вокруг нее участок поверхности.

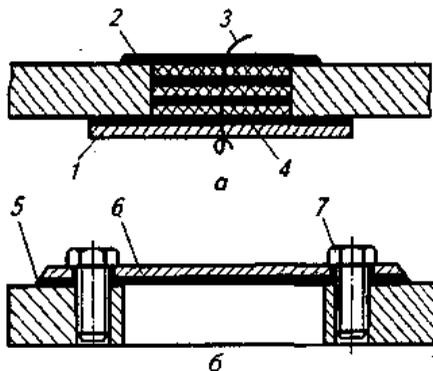


Рис. 11.2 Схема заделки пробоин с наложением накладок:
a – заподлицо; *б* – внахлестку; 1 и 6 – металлические
накладки; 2 и 5 – слои эпоксидного состава; 3 – проволока;
4 – накладка из стеклоткани; 7 – болт

Прикрепляют к центру накладки проволоку диаметром 0,3...0,5 мм и длиной 100...150 мм. Вырезают из стеклоткани накладку по контуру пробоины. Наносят тонкий слой эпоксидного состава после вторичного обезжиривания кромок пробоины и зачищенного участка и просушивания. Устанавливают накладку под пробоину и закрепляют проволокой 3. Затем укладывают на накладку 1 накладку 4 из стеклоткани,

прикатывают ее роликом, наносят эпоксидный состав, укладывают вторую накладку из стеклоткани и прикатывают ее роликом. Операции по нанесению эпоксидного состава и укладке накладок из стеклоткани повторяют до тех пор, пока пробоина не будет заполнена по всей толщине стенки. На верхнюю накладку наносят слой 2 эпоксидного состава и оставляют до отверждения.

Во втором случае (рис. 11.2, б) притупляют острые края пробоины, зачищают вокруг нее на расстоянии 40...50 мм до металлического блеска поверхность детали. Накладку изготавливают из стали толщиной 1,5...2,0 мм. Она должна перекрывать пробоину на 40...50 мм. Сверлят в ней отверстия диаметром 10 мм. Расстояние между ними по периметру пробоины 50...70 мм. Центры должны отстоять от краев накладки на расстоянии 10 мм. Сверлят в детали отверстия диаметром 6,8 мм и нарезают в них резьбу 1М8×1. Зачищают до металлического блеска поверхность накладки, соприкасающуюся с деталью. Обезжиривают поверхности детали и накладки, а затем наносят на них тонкий слой эпоксидного состава.

Эпоксидные композиции, содержащие полиэтиленполиамин (составы А, Б и В), оставляют до отверждения при температуре 18...20°С в течение 72 ч или при той же температуре — 12 ч, а затем при нагревании в термошкафу по одному из следующих режимов: при температуре 40°С в течение 48 ч, при 60 — 24, 80 — 5 и 100°С — 3 ч.

После этого зачищают подтеkania и наплыв эпоксидной композиции и проверяют качество ремонта.

Восстановление неподвижных соединений подшипников качения

Посадочные места подшипников качения в корпусах коробок передач восстанавливают следующим образом. Изношенные поверхности зачищают до металлического блеска, обезжиривают ацетоном, просушивают в течение 5 мин и вторично обезжиривают. На изношенные поверхности посадочных мест шпателем наносят эпоксидный состав Г или Д. Затем деталь с эпоксидным составом Г выдерживают в тече-

ние 1 ч, а с составом Б — 2 ч на воздухе при температуре 18...20°С. За это время вязкость состава значительно увеличивается, что исключает возможность его стекания с вертикальных поверхностей. Затем корпус устанавливают на плиту 1 (рис. 11.3), закрепленную на столе радиально-сверлильного станка.

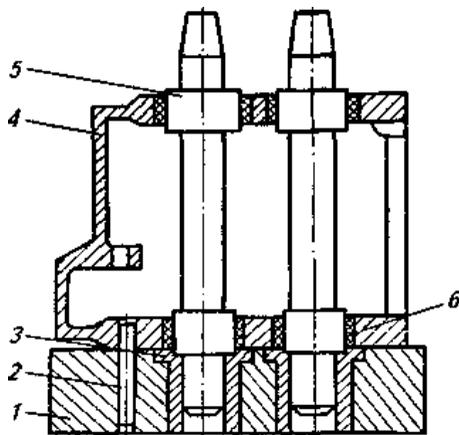


Рис. 11.3 Схема формовки посадочных мест подшипников корпуса коробки передач:

1 – плита; 2 – штифт; 3 – втулка; 4 – корпус;
5 – калибрующая оправка; 6 – слой эпоксидного состава

Кондуктор включает плиту 1 с запрессованными втулками 3 и двумя штифтами 2, предназначенными для фиксации корпуса 4. Расстояния между осями отверстий под втулки соответствуют межосевым расстояниям посадочных мест корпуса коробки передач.

Нанесенный слой эпоксидного состава формуют под номинальный размер отверстий с помощью калибрующей оправки 5, которая закреплена в шпинделе радиально-сверлильного станка. Оправку протягивают сверху вниз без вращения относительно оси шпинделя. Она своим нижним хвостовиком входит в направляющую втулку 3, что обеспечивает соблюдение межцентровых расстояний восстанавливаемое

мых отверстий и параллельность их осей.

После формирования отверстий на поверхности остается слой б эпоксидного состава, позволяющий получить посадочные места под подшипники номинального размера. Его отверждают в термошкафу. Чтобы исключить стекание состава Г (см. табл. 3.19) с вертикальных поверхностей и нарушение геометрической формы отверстий при нагревании, процесс проводят по ступенчатому режиму: при температуре 60°C выдерживают 2 ч, при 100 — 1 и 150°C — 1 ч. Состав Д отверждают при температуре 18...20°C в течение 5 ч или при 60°C — 1,5 ч.

Однако применение эпоксидных композиций для восстановления неподвижных соединений подшипников связано с определенными технологическими трудностями. После приготовления композиции ее необходимо использовать в течение 20...25 мин. У нее малая эластичность, что снижает долговечность восстановленных неподвижных соединений. Эпоксидные композиции токсичны, поэтому все операции по их приготовлению и применению необходимо выполнять в специальных помещениях с усиленной вентиляцией.

Вкладыши подшипников скольжения с постелями, восстановленными полиуретановым адгезивом, имеют меньший и более равномерный износ по сравнению с вкладышами, соприкасающимися с обычными постелями. При толщине покрытия 75 мкм износ вкладышей снижается на 14%, а при толщине 150 мкм — на 23%.

Наибольшее распространение при ремонте неподвижных соединений подшипников качения получили эластомер ГЭН-150(В) и герметик 6Ф. Первый состоит из бутадиеннитрильного каучука марки СКН-40С и смолы ВДУ. Второй представляет собой продукт совмещения каучука марки СКН-40 со смолой ФКУ на основе замещенного фенола винилацетиленовой структуры.

Способы и нанесения полимерных материалов на поверхности деталей

Восстановление деталей литьем под давлением. Подготовка детали заключается в проточке до удаления следов износа, обезжиривании и фосфатировании поверхности. Фосфатируют в растворе, содержащем 1 кг суперфосфата на 2 л воды. Детали опускают на 5...10 мин в кипящий раствор, затем их промывают в 5%-м растворе кальцинированной соды, в горячей воде и выдерживают в сушильном шкафу при температуре 130...150°C в течение 8...10 мин.

В загрузочный бункер 1 (рис. 11.4) литьевой машины засыпают полимерный материал 2, который затем подается в цилиндр 3. Там он нагревается до температуры 240...270°C в течение 30...40 мин.

Деталь 4, нагретую до температуры 240°C, устанавливают в пресс-форму 5, предварительно подогретую до температуры 80...100°C.

При движении плунжера 7 справа налево расплавленный полимерный материал выталкивается из цилиндра 3 и заполняет зазор между оформляющей поверхностью пресс-формы и изношенной поверхностью детали. Температура расплава должна быть на 20°C выше температуры плавления материала, давление литья — 30...35 МПа, выдержка при давлении — 20 с.

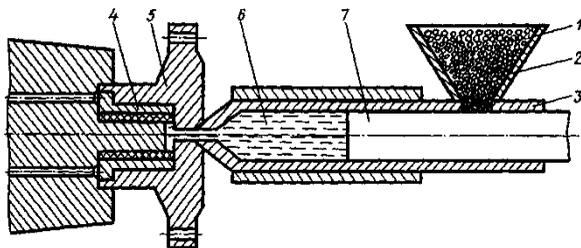


Рис. 11.4 Схема восстановления деталей литьем под давлением:
1 – бункер; 2 – полимерный материал; 3 – цилиндр;
4 – деталь; 5 – пресс-форма; 6 – расплавленный
полимерный материал; 7 – плунжер

После этого снимают давление, разбивают пресс-форму, извлекают восстановленную деталь, зачищают швы, удаляют облой и литниковую прибыль, проводят термообработку детали в масле при температуре 120...130°C в течение 1,5...2 ч. Затем деталь охлаждают вместе с маслом до температуры 100°C и на воздухе до комнатной температуры. Ее размеры следует проверять через 24 ч после литья под давлением.

Восстановление деталей нанесением покрытий из порошкообразных полимеров. Различают вихревой, вибрационный, вибровихревой, электростатический, струйный и другие способы. Наибольшее распространение получило вибровихревое нанесение покрытий.

Установка состоит из открытой ванны 2 (рис. 11.5), пористой перегородки 6, пневматической камеры 5 и электромагнитного вибратора 4. Установка смонтирована на пружинах 3.

Размеры каналов пористого материала 40...150 мкм при пористости 50%. Для изготовления перегородок используют керамические плиты толщиной 20 мм из кизельгура и стеклянной муки, несколько слоев стеклоткани, пластмассу ДК-7, технический войлок и др.

Порошкообразный материал с размерами частиц 0,12...0,22 мм засыпают в ванну 2. Первоначальная высота слоя порошка равна H_0 . При подаче сжатого газа в пневматическую камеру 5 газ, проходя через перегородку 6, разбивается на множество мельчайших струек. Частицы полимера, находящиеся в состоянии покоя, подхватываются струйками и начинают перемещаться вверх. Одновременно на них действуют силы тяжести.

В результате воздействия двух противоположно направленных сил, а также столкновений со стенками сосуда и между собой частицы находятся в хаотическом движении.

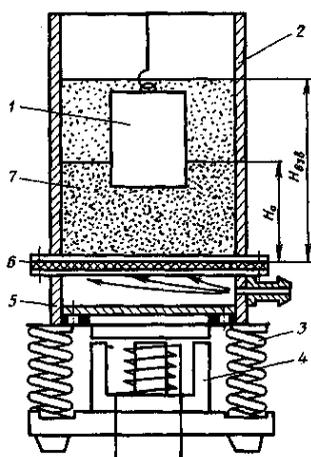


Рис. 11.5 Схема вибровихревой установки:
 1 – деталь; 2 – ванна; 3 – пружина; 4 – вибратор;
 5 – пневматическая камера; 6 – пористая перегородка;
 7 – полимерный порошок

При включении электромагнитного вибратора рабочая камера установки вместе с порошкообразным полимером подвергается вынужденным колебаниям частотой 50...100 Гц. За счет совместного и одновременного действий сжатого газа и вибрации полимерный материал переходит в псевдосжиженное состояние. Высота его слоя возрастает и становится равной $H_{взв}$. Ему присущи многие свойства жидкости. В такой слой можно легко погружать твердые тела.

Подготовка детали к нанесению полимерного покрытия заключается в механической обработке изношенной поверхности до устранения следов износа, зачистке ее шлифовальной шкуркой, обезжиривании и фосфатировании. Поверхности детали, не подлежащие нанесению покрытий, изолируют с помощью различных приспособлений, а также их обертывают фольгой или листовым асбестом, покрывают жидким стеклом или термостойким силиконовым лаком.

В процессе нанесения покрытий из порошкообразного

поликапроамида деталь нагревают до температуры 290°C. Затем ее погружают в псевдосжиженный слой на 5...20 с. Частицы порошка 7, ударяясь о поверхность нагретой детали, оседают на ней и, оплавляясь, растекаются в равномерное покрытие. Время выдержки детали в слое зависит от необходимой толщины покрытия.

После этого деталь вынимают из установки, обдувают сжатым воздухом, проводят термообработку при температуре 110...130°C в течение 5...10 мин в масле и охлаждают на воздухе. Чтобы получить необходимые размеры, следует выполнить механическую обработку.

Газопламенное напыление пластмасс

В ремонтном производстве газопламенное напыление полимерных материалов применяют для выравнивания сварных швов и неровностей на поверхностях кабин и деталей оперения автомобилей, тракторов и комбайнов, а также для нанесения антифрикционных покрытий.

Сущность такого напыления состоит в том, что струя воздуха с частицами порошкообразного полимерного материала пропускается сквозь факел газового пламени. Пролетая через факел, они нагреваются, оплавляются до пластичного состояния и, ударяясь о предварительно подогретую поверхность детали, растекаются на ней, образуя покрытие.

В качестве материала для газопламенного напыления используют порошки ПФН-12 и ТПФ-37, которые перед нанесением просеивают сквозь сито № 016...025.

В качестве горючего газа применяют ацетилен или пропан-бутан. При работе на пропан-бутане используют специальную насадку к газовой горелке. Для питания горелки пригоден ацетилен, получаемый из ацетиленовых генераторов, или растворенный ацетилен в баллонах. Рабочее давление газа должно быть не ниже 500 Па при расходе 300 л/ч.

Давление ацетилена устанавливают не ниже 0,1 МПа, давление сжатого воздуха — 0,3...0,6 МПа, расстояние от мундштука до нагреваемой поверхности — 100...120 мм.

Струйный беспламенный метод напыления пластмасс заключается в том, что порошок наносят пистолетом-

распылителем на предварительно подготовленную и нагретую поверхность детали. Сжатый воздух тоже подогревают, пропуская его через змеевик в электропечи. Недостаток данного способа — значительная потеря порошковых материалов и загрязнение воздуха.

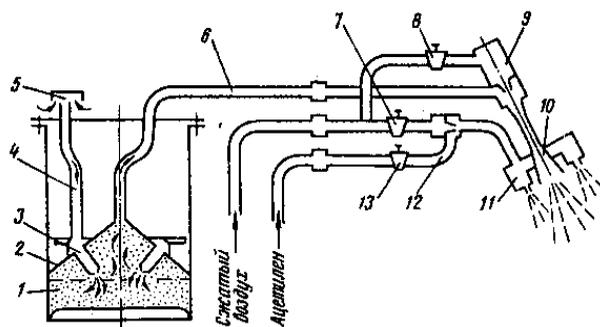


Рис. 11.6 Схема установки для газопламенного напыления полимеров:

- 1 – порошок полимера; 2 – колпак; 3 – сопло;
- 4 – резиновая трубка; 5 – гайка-фильтр; 6 – трубка для подачи порошково-воздушной смеси; 7 – воздушный вентиль горелки; 8 – воздушный вентиль смеси;
- 9 – порошковый инжектор; 10 – порошковое сопло;
- 11 – кольцевое сопло газовой горелки;
- 12 – смесительная камера; 13 – вентиль горючего газа

Лекция 12

УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ

1. Применение термической обработки.
2. Применение химико-термической обработки.
3. Упрочнение деталей термомеханической обработкой.

Применение термической обработки

Для снятия внутренних напряжений, повышения прочности и износостойкости в ремонтном производстве применяют термические (отжиг, нормализация, закалка, отпуск) и химико-термические (цементация, цианирование, азотирование, хромирование, силицирование, сульфидирование, нитроцементация) методы обработки поверхностных слоев восстанавливаемых деталей.

Под *термической обработкой* металлов и сплавов понимают совокупность операций нагрева с заданной скоростью, требуемой выдержки и последующего охлаждения с регламентируемой скоростью. В координатах температура – время график любого вида термической обработки может быть представлен так, как показано на рисунке.

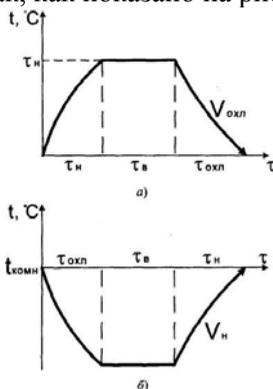


Рис. 12.1 График термической обработки:

a – собственно термическая обработка; b – обработка холодом;
 t_n – температура нагрева; τ_n – время нагрева; τ_b – время выдержки; τ_{ohl} – время охлаждения; v_{ohl} – скорость охлаждения

Цель термической обработки заключается в том, чтобы нагреть до определенной температуры, выдержкой при этой температуре и последующим охлаждением с заданной скоростью получить требуемые изменения строения и свойств металла. Следовательно, основные факторы термической обработки — температура и время.

Процессы термической обработки принято подразделять на собственно термическую обработку, включающую только тепловое воздействие; термомеханическую, сочетающую тепловое воздействие с пластическим деформированием, и химико-термическую, подразумевающую тепловое воздействие с изменением химического состава поверхности металлов и сплавов. В свою очередь, собственно термическая обработка включает отжиг I рода (гомогенизационный, рекристаллизационный, для снятия внутренних напряжений, называемый иногда релаксационный), отжиг II рода, закалку с полиморфным превращением, отпуск, закалку без полиморфного превращения, старение.

Отжиг применяют для измельчения зерен крупнозернистых сталей, устранения хрупкости, связанной с крупнозернистостью стали, понижения твердости, устранения наклепа и снижения внутренних напряжений.

При отжиге для снятия напряжений изделие помещают в нагревательную печь. Нагрев ведут постепенно. Для низко- и среднеуглеродистой стали оптимальная температура нагрева 600...680°C: при ней сталь становится достаточно пластичной. После нагрева изделие выдерживают в печи под действием указанной температуры из расчета 2,5 мин на 1 мм толщины стенки, но не менее 30 мин. Затем изделие охлаждается вместе с печью.

При полном отжиге изделие нагревают до температуры 820...930°C. Время выдержки 0,5...1 ч на 1 т металла, затем его медленно охлаждают вместе с печью до 600...400°C. Углеродистые стали охлаждают со скоростью 100...150°C в 1 ч, легированные — со скоростью 30...50°C в 1 ч. Полный отжиг устраняет внутренние напряжения и улучшает структуру металла: она становится однородной и мелкозернистой, а металл

вследствие этого – менее хрупким и более пластичным.

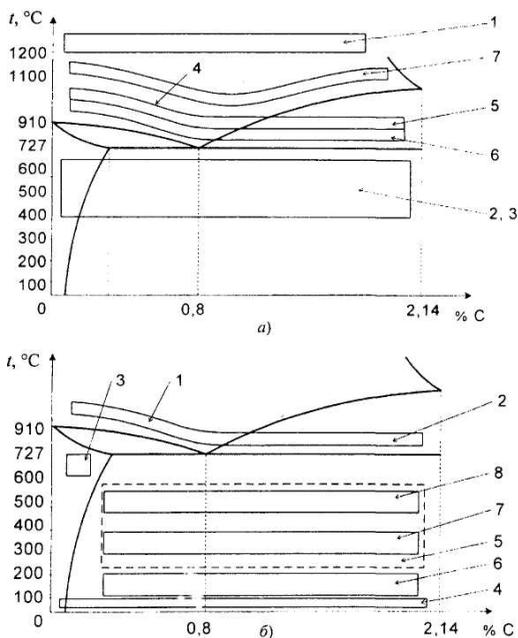


Рис. 12.2

Отжиг I рода позволяет устранить неоднородность, возникшую в металлах и сплавах в процессе предшествующей обработки.

1. Гомогенизационный (диффузионный) отжиг выравнивает и устраняет неоднородность химического состава (ликвации) отливок, слитков, наплавленного металла за счет протекания диффузионных процессов при высоких температурах. Чем сильнее неоднородность, тем более продолжительной должна быть выдержка при высокой температуре.

2. Рекристаллизационный отжиг который включает нагрев металла выше температуры его рекристаллизации (примерно до 0,5 от температуры его плавления), дает возможность устранить структурную неоднородность (текстуру)

и упрочнение (наклеп), вызванные предшествующей холодной пластической деформацией, и повысить пластичность.

Отжиг I рода позволяет также избегать трещинообразования за счет значительного снижения внутренних остаточных напряжений, возникающих при охлаждении отливок, сварных соединений, наплавов.

Различают следующие разновидности *отжига II рода*: перекристаллизационный полный или неполный (для заэвтектоидных сталей неполный отжиг называют сфероидизирующим отжигом на зернистый перлит), изотермический, нормализационный отжиг (нормализация), графитизирующий.

В случае *перекристаллизационного* отжига металл нагревают выше температуры фазового перехода (т.е. выше температуры полиморфного превращения). В результате при последующем медленном охлаждении протекают фазовые превращения и образуется мелкозернистая равновесная структура с улучшенными свойствами.

При нагреве стали несколько выше первой критической точки A_{C1} происходят неполная перекристаллизация и превращение только перлита в аустенит. Такой неполный отжиг для заэвтектоидных сталей вызывает сфероидизацию цемента (отжиг на зернистый перлит) и, как следствие, снижение твердости и улучшение обрабатываемости резанием. При полном отжиге нагрев стали осуществляют выше точки A_{C3} , образуется аустенитная структура и происходит полная перекристаллизация при охлаждении.

При *изотермическом отжиге* доэвтектоидную сталь нагревают на $30...50^{\circ}\text{C}$ выше A_{C3} , а заэвтектоидную – на столько же выше A_{C1} и выдерживают при этой температуре, быстро переохлаждают несколько ниже A_{C1} и выдерживают до полного распада аустенита, затем охлаждают с любой скоростью.

Изотермический отжиг часто заменяет для легированных и высокоуглеродистых сталей полный отжиг, он требует меньше времени.

Для сокращения продолжительности термической обработки стали часто охлаждают не с печью, а на спокойном воздухе – нормализация. Нормализацией, например, исправ-

ляют структуру перегретой стали сварных конструкций.

Графитизирующий отжиг, применяемый и для сталей, и для чугунов, позволяет благодаря распаду при высоких температурах карбидной составляющей (цементита) получать свободный углерод в виде графита. Это повышает износостойкость материала, снижает коэффициент трения. Такая обработка широко распространена, например, для получения из белых ковких чугунов с хлопьевидной формой графита, а также получения графитизируемых сталей.

Нормализацией называется вид термической обработки, при которой сталь нагревают до температуры 800... 900°C, немного выдерживают и охлаждают на воздухе. В этом случае сохраняется нормальная мелкозернистая структура металла, что несколько повышает его прочность и твердость.

В настоящее время нормализация распространена в машиностроении больше, чем отжиг, так как она более производительна и дает лучшие результаты.

Закалка с полиморфным превращением реализуется в тех металлах и сплавах, в которых перестраивается кристаллическая решетка. Доэвтектоидные стали нагревают для превращения перлита в аустенит (полная закалка) либо сохранения в заэвтектоидных сталях избыточного цементита (неполная закалка). Во время ускоренного охлаждения со скоростью выше критической аустенит превращается в мартенсит. Твердость и износостойкость стали возрастают. Закалку с полиморфным превращением называют закалкой на мартенсит.

Закалка без полиморфного превращения происходит в тех сплавах, в которых по мере нагрева и выдержки увеличивается растворимость второго компонента и избыточная фаза растворяется в матричной фазе. Последующее быстрое охлаждение фиксирует состояние неравновесного пересыщенного твердого раствора, не характерное для низких температур. Такая закалка широко применяется для алюминиевых, магниевых, никелевых, медных и других сплавов, некоторых легированных сталей.

Сильного упрочнения и снижения пластичности сплавов, подвергаемых закалке без полиморфного превращения,

не наблюдается.

В последующем такая неравновесная система при комнатных температурах стремится к равновесию и выделению избыточной фазы (естественное старение). Некоторый подогрев закаленного сплава значительно ускоряет этот процесс (искусственное старение). Закалка и частичное старение обеспечивают повышение твердости, прочности, изменение других свойств. Полное старение приводит сплав к двухфазному равновесному состоянию и, следовательно, исходным свойствам.

В случае закалки с полиморфным превращением аналогично старению при нагреве (отпуске) закаленный сплав стремится к равновесному состоянию, что позволяет понизить напряжения и твердость, повысить пластичность.

Отпуском называется вид термической обработки, при которой сталь нагревают до температуры 400...700°C и подвергают медленному охлаждению. Для каждой марки стали существуют свои температуры отпуска и скорость охлаждения, указываемые в технических условиях на термообработку.

Цель отпуска — устранить или уменьшить напряжения в стали, повысить ее вязкость и понизить твердость. Отпуску, как правило, подвергают закаленные детали для снятия внутренних напряжений и уменьшения хрупкости.

Отпуск включает нагрев закаленного сплава до температур не выше критических, выдержку и охлаждение с заданной скоростью. Различают низкий отпуск (150...200°C), средний (300...400°C,) и высокий отпуск (~500...600°C,) стали.

В последующем такая неравновесная система при комнатных температурах стремится к равновесию и выделению избыточной фазы (естественное старение). Некоторый подогрев закаленного сплава значительно ускоряет этот процесс (искусственное старение). Закалка и частичное старение обеспечивают повышение твердости, прочности, изменение других свойств. Полное старение приводит сплав к двухфазному равновесному состоянию и, следовательно, исходным свойствам.

В случае закалки с полиморфным превращением аналогично старению при нагреве (отпуске) закаленный сплав

стремится к равновесному состоянию, что позволяет понизить напряжения и твердость, повысить пластичность.

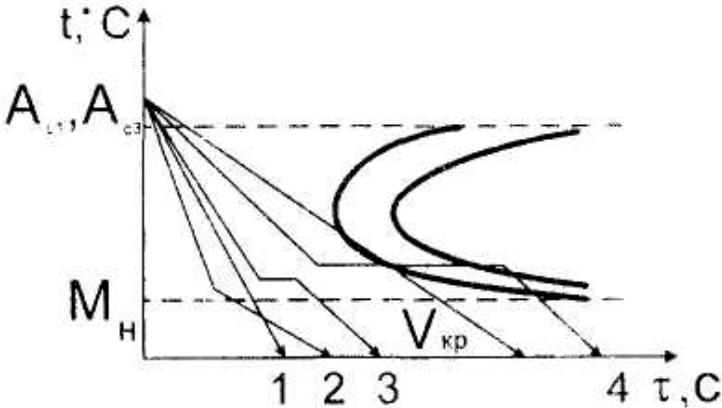


Рис. 12.3 Виды закалки в зависимости от характера охлаждения:
1 – в одной среде (непрерывная); 2 – в двух средах;
3 – ступенчатая; 4 – изотермическая: $V_{кр}$ – критическая
скорость охлаждения при закалке

При изотермической закалке (4) выдержку осуществляют до полного распада аустенита в среде с температурой, обеспечивающей получение требуемой структуры, например троостита, и, следовательно, требуемых свойств.

В ряде случаев, когда нужны твердая поверхность и способность воспринимать ударные нагрузки, выполняют закалку с самоотпуском.

При этом, не дожидаясь при закалке полного охлаждения, извлекают деталь из закалочной среды. Оставшееся внутри детали тепло обеспечивает самоотпуск закаленной поверхности, после чего следует окончательное охлаждение.

Отличительными чертами термической обработки восстанавливаемых деталей является специфика задач. Так, например, как правило, для обеспечения хорошей обрабатываемости резанием стальные детали подвергают отжигу II ро-

да или улучшению (закалке с высоким отпуском). Такие операции термической обработки восстанавливаемых деталей проводятся в том случае, если эксплуатировавшиеся детали подвергались упрочняющей обработке и имеют высокую твердость и плохую обрабатываемость резанием. После этой смягчающей обработки проводят обработку резанием в требуемый размер (протачивание, нарезание рваной резьбы и т. п.), последующие наплавку или напыление.

Как правило, после восстановления геометрии изношенной детали при необходимости ее подвергают упрочняющей обработке.

Для снятия внутренних остаточных напряжений и предотвращения образования трещин после операций восстановления изношенных деталей, если эти операции сопровождались значительными тепловложениями в деталь в неравновесных условиях (сварка, наплавка и т.п.), необходим отжиг I рода. При этом, особенно для легированных сталей, склонных к образованию неравновесных закалочных структур и повышенной хрупкости, отжиг I рода для снятия внутренних напряжений проводят безотлагательно после сварочных или наплавочных операций.

С целью полной или частичной релаксации внутренних напряжений осуществляют отжиг, уменьшающий напряжения после восстановления деталей осаждением металлов и сплавов электрохимическим способом.

Способ поверхностной закалки с нагревом т. в. ч. впервые предложенный В. П. Вологдиным, основан на явлении электромагнитной индукции и неравномерном выделении теплоты по сечению детали. Подлежащая закалке деталь помещается в определенное магнитное поле, создаваемое индуктором (катушкой) при пропускании через него переменного тока высокой частоты. Деталь помещается в индуктор с зазором 2...4 мм. По закону электромагнитной индукции в части детали, находящейся под воздействием магнитного потока, будет индуцироваться ток частоты, одинаковой с частотой тока, пропускаемого через индуктор. Индуцированный ток не распределяется равномерно по всему сечению де-

тали, а протекает только по слою, глубина которого соответствует глубине проникновения тока; при этом плотность тока будет наибольшей у поверхности детали. Благодаря тепловому действию тока происходит быстрый (обычно 2...10 с) нагрев поверхностных слоев детали, в которых возбуждаются токи. По достижении температуры закалки ток выключается и через отверстия в индукторе под давлением подается охлаждающая жидкость, обычно вода. Происходит закалка поверхности детали на определенную глубину. При высоких скоростях охлаждения, превышающих критические значения для данной марки сталей, в закаленном слое возникает структура мартенсита, характеризующаяся высокой твердостью и износостойкостью. Остаточные напряжения сжатия, образующиеся в поверхностном слое закаленной т. в. ч. детали, повышают ее усталостную прочность.

Закалка деталей может вестись одновременным способом, т.е. одновременно всей требуемой поверхности детали, или непрерывно-последовательным, при котором деталь в процессе нагрева и охлаждения перемещается относительно индуктора. Первый способ более производительен и обеспечивает получение большей глубины закалки без перегрева поверхности.

Применение химико-термической обработки

Химико-термической обработкой называют процесс изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев металла детали. Такую обработку применяют к деталям, от которых требуется твердая и износостойчивая поверхность при сохранении вязкой и достаточно прочной сердцевины, высокая коррозионная стойкость, высокое сопротивление усталости.

В настоящее время наиболее распространены следующие виды химико-термической обработки стали:

- цементация — насыщение поверхности стальных деталей углеродом;
- азотирование — насыщение поверхности стальных деталей азотом;
- цианирование — одновременное насыщение по-

верхности стальных деталей углеродом и азотом;

➤ алитирование — насыщение поверхности стальных и чугуновых деталей алюминием для повышения их жаростойкости.

Кроме того, в промышленности применяют также поверхностное насыщение стали хромом, кремнием и др. Процесс этот называется диффузионной металлизацией стали.

В ряде случаев после операций восстановления геометрии и размеров деталей машин путем пластической деформации, наплавки, например низкоуглеродистой сварочной проволокой типа Св-08кп, гальванического железнения с целью придания поверхности максимальной твердости и износостойкости проводят ХТО, к примеру цементацию, цианирование или другие виды ХТО.

Как правило, после ХТО проводят термическую обработку, например закалку с низким отпуском, во избежание продавливания твердого диффузионного слоя.

Цементация

Науглероживание (цементация) является одним из наиболее распространенных процессов ХТО. Насыщение поверхностного слоя стали углеродом с последующей закалкой и низким отпуском проводится с целью повышения ее твердости, износостойкости, усталостной прочности. Как правило, цементации подвергают углеродистые и легированные стали, содержащие до 0,25% С (так называемые цементируемые стали: 10, 15, 20, 20Х, 20ХГТ и др.). После науглероживания содержание углерода в поверхностном слое достигает 0,8...1,4%.

Науглероживание проводят в твердых, жидких и газообразных средах (карбюризаторах).

Наиболее проста в ремонтно-восстановительном производстве цементация в твердом карбюризаторе. В металлический ящик (контейнер) насыпают древесный уголь, укладывают детали так, чтобы расстояние между ними, а также стенками ящика было > 15 мм, закрывают крышкой, герметизируют огнеупорной глиной и помещают в печь. Прогревают ящик до 750...800°С, а затем повышают температуру печи до 920...950°С. Глубину науглероженного слоя получают ~ 1 мм.

Контроль науглероженного слоя проводят на образце-

свидетеле. При цементации в пастах углеродсодержащий порошок (сажу, древесно-угольную пыль, соду и т.п.) разводят связующим (патокой, канцелярским клеем и др.) и наносят в виде суспензии, обмазки, шликера на цементуемую деталь, сушат. Толщина слоя пасты в 6...8 раз должна превышать требуемую толщину цементованного слоя.

При науглероживании в пасте, содержащей 50...55 % сажи, 30...40% соды и 10...15 % щавелево-кислого натрия, при 950°C за 1,5...3 ч формируется науглероженный слой 0,6...1,0 мм.

Цементацию в расплавленных карбюризаторах (например, 75...85 % Na_2CO_3 + 10...15 % NaCl + 8...15 % SiC ; $t_{\text{ХТО}} = 950^\circ\text{C}$; толщина слоя 1,2 мм) осуществляют в расплавах солей металлов электролизным или безэлектролизным способом.

Наибольшее распространение в промышленности получила газовая цементация. Ее проводят в специальных печах или агрегатах при температуре 920...950°C, подавая в печь каплями керосин, уайт-спирит, веретенное масло или газ (природный газ, пропан, бутан и др.). В течение 8...12 ч формируется слой толщиной 1,0...1,8 мм.

Участки стальных деталей, не подлежащие науглероживанию, меднят, покрывают специальными обмазками или защищают припуском, который снимают механической обработкой после цементации.

С целью придания поверхностным слоям максимальной твердости и износостойкости науглероженные стальные изделия подвергают затем закалке, а также низкому отпуску. В результате поверхность имеет структуру отпущенного мартенсита с твердостью ~ 60 HRC, а в сердцевине сохраняет вязкость, пластичность.

Азотирование

Азотирование - диффузионное насыщение поверхности металла азотом с целью повышения твердости, износостойкости, усталостной прочности, коррозионной стойкости деталей.

Чаще всего азотируют среднеуглеродистые легированные стали типов 38ХМЮА, 38ХВФЮ (нитралои), в поверх-

ности которых образуются твердые нитриды хрома, молибдена, алюминия. Твердость поверхности таких сталей после азотирования достигает 1200 HV, в то время как после азотирования среднеуглеродистой стали ~ 200 HV.

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

Детали укладывают равномерно в герметически закрытый муфель (реторту), который помещают в электропечь. В муфель из баллонов подается аммиак, который при нагревании разлагается, образуя атомарный азот.

Процесс азотирования продолжается 3...90 ч, а последующее медленное охлаждение печи с деталями — 4...5 ч. Глубина азотированного слоя (0,25...0,65 мм) зависит от температуры и времени выдержки.

Различают прочностное азотирование, которое проводят для повышения твердости, износостойкости и усталостной прочности, и противокоррозионное азотирование (декоративное) — для повышения коррозионной стойкости во влажной атмосфере и пресной воде.

Противокоррозионному азотированию в основном подвергают углеродистые стали. Процесс протекает при температуре 600...700°C с выдержкой 0,5... 1 ч.

Азотирование по сравнению с цементацией имеет следующие преимущества: твердость и износостойкость азотированного слоя значительно выше цементированного закаленного слоя; после азотирования закалки деталей не требуется, что предотвращает их коробление; азотированная поверхность более устойчива к коррозии. Однако азотирование — процесс более длительный и сложный, поэтому его применяют только для легированных сталей. Азотированные детали малопригодны для работы в условиях высоких удельных нагрузок из-за недостаточной толщины азотированного слоя.

Цианирование

Цианирование (нитроцементация) стали — процесс од-

новременного 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, состоящим из 20...25 % NaCN, остальное — NaCl и Na₂CO₃. 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, в результате твердость полученного слоя составляет 59...63 HRC₃. 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, содержащих 40 % (массовая доля) KCN и 60 % NaCN. Высокотемпературное цианирование применяют для средне- и низкоуглеродистых сталей (обыкновенных углеродистых и легированных), низкотемпературное цианирование — для быстрорежущего инструмента. Глубина цианированного слоя зависит от времени выдержки.

Газовое цианирование (нитроцементацию) проводят в смеси науглероживающих и азотирующих газов, например в смеси светильного или природного газа (90...97 %) и аммиака (3... 10 %). Детали нагревают до температуры 850...870 °С, длительность нитроцементации — 2...10 ч. После нитроцементации детали подвергают закалке и низкому отпуску; твердость полученного слоя 61...63 HRC₃.

Диффузионная металлизация

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. В результате диффузионной металлизации повышаются жаростойкость (окалиностойкость) до 1100 °С, износостойкость, твердость (до НВ 2000) и коррозионная стойкость стальных деталей. Насыщение проводят в твердых, жидких и газообразных средах при температуре 1000... 1200 °С.

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.

Алитирование стали проводят для повышения жаростойкости (окалиностойкости) деталей, работающих при температурах до 900 °С.

Алитирование деталей осуществляют в порошкообразной смеси, содержащей 49 % (массовая доля) алюминия, 39 % оксида алюминия и 12 % хлорида аммония. Смесь засыпают в стальной ящик с уложенными для алитирования деталями. Температура печи 950... 1050 °С, продолжительность обработки 4...12 ч. На поверхности алитированной детали образуется тонкая тугоплавкая (температура плавления более 2000 °С) пленка оксида алюминия (Al_2O_3) толщиной 0,1... 1 мм, предохраняющая металл от окисления. Алитированию подвергают изложницы для разлива стали, котельную арматуру. Алитированные детали устойчивы в газах, содержащих сернистые соединения. Их можно использовать вместо деталей, изготовленных из жаростойких (окалиностойких) сталей.

Борирование — насыщение металла бором с целью повышения твердости и износостойкости. Благодаря тому, что на поверхности сталей и чугунов формируется слой боридов

FeВ и Fe2В толщиной $\sim 0,1$ мм, твердость ее составляет ~ 2000 НV. Поэтому борированные изделия успешно противостоят абразивному изнашиванию.

Упрочнение деталей термомеханической обработкой

В ряде случаев весьма эффективным способом упрочнения является *термомеханическая обработка*, сочетающая эффекты упрочнения как от собственно термической обработки, так и от пластической деформации. Для сплавов, имеющих полиморфные превращения (сталей в том числе), наиболее подходят высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО), низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО), патентирование.

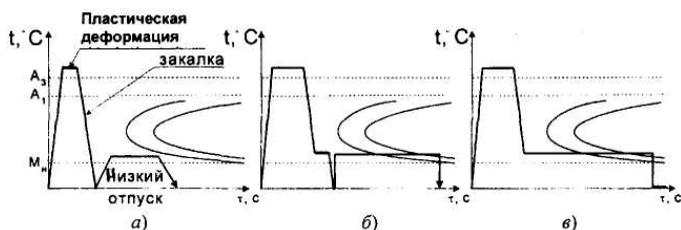


Рис. 12.4 Типичные режимы термомеханической обработки:
а - ВТМО; б - НТМО; в - патентирование

Хотя при ВТМО пластическая деформация протекает выше температуры рекристаллизации, в аустенитной области с целью подавления разупрочняющих рекристаллизационных процессов осуществляют закалку.

При НТМО упрочняющий эффект еще выше, поскольку пластическую деформацию проводят при температуре несколько ниже температуры рекристаллизации.

В случае патентирования холодную пластическую деформацию выполняют до нагрева и после закалки на троостит, что обеспечивает высокий комплекс механических свойств.

Как и при упрочнении наклепом эффективность электромеханического упрочнения зависит от свойств упрочняе-

мого материала и режима обработки: давления инструмента, силы тока и скорости вращения детали (вала) или инструмента, если упрочняется отверстие.

В настоящее время еще не выработано достаточно обоснованных режимов упрочнения различных деталей, восстановления разными способами. Рассмотрим влияние на качество обрабатываемой поверхности различных параметров упрочнения металла, наплавленного в среде углекислого газа. На рис. 12.5 показана область режимов давления и скорости, обеспечивающих требуемое качество упрочненной поверхности, по Г.П. Тончеву.

При низких давлениях и малых окружных скоростях области *I* в месте контакта возникает большое контактное сопротивление и выделяется много теплоты. Поверхность металла становится черной (как бы обгорает), при этом шероховатость поверхности ухудшается.

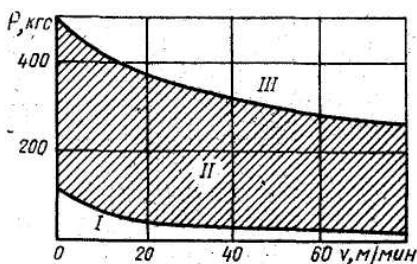


Рис. 12.5

Влияние давления P и окружной скорости v на качество поверхности (наплавка проволокой Нп-ЗОХГСА в CO_2 при $I = 300 \text{ А}$, $R = 10 \text{ мм}$, $z = 5 \text{ мм}$, $s = 0,2 \text{ мм/об}$ $n = 1$).

При средних давлениях и почти всех значениях рабочих скоростей области *II* твердость и шероховатость поверхности получаются удовлетворительными. Наиболее высокая твердость и шероховатость поверхности достигаются при давлении и скорости, соответствующих нижней левой части заштрихованной области. Упрочнение при давлении и скорости, соответствующих левой верхней части области *II*, характери-

зуется большой глубиной упрочнения (0,2...0,3 мм). Правая часть области II характеризуется малой глубиной упрочнения (0,04...0,06 мм), средней твердостью (HV 350...400) и шероховатостью поверхности 9...10 класса.

Вследствие высоких скоростей и больших удельных давлений (область III) поверхностный слой подвергается разрушению.

Механическое и тепловое воздействие на упрочняемую деталь во многом зависит от величины прикладываемого к инструменту давления. Поэтому применяемая для упрочнения оснастка должна обеспечивать стабильность давления инструмента, отсутствие его вибрации, малую чувствительность к биению детали и др. Этим условиям удовлетворяет динамометрическое приспособление конструкции отраслевой лаборатории Ленинградского сельскохозяйственного института (рис. 12.6).

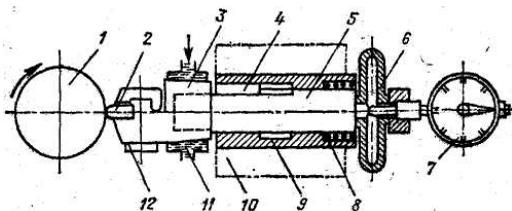


Рис. 12.6

Принципиальная схема динамометрической оправки

Инструмент 2 для упрочнения (пластина или ролик, изготовленные из твердого сплава) закрепляется в головке 3, завернутой на штоке 5. Шток, перемещаясь внутри корпуса 9, передает давление упругому элементу 6, который может сжиматься при движении поперечного суппорта 10. Линейная деформация сжатия измеряется индикатором 7. Кожух 11 служит для охлаждения головки, а наконечник 12 электропровода — для подвода тока к рабочему инструменту. Остальные обозначения на рис. 12.6: 1 — деталь, 4 — шпонки, 8 — пружина. Головка 3 для крепления инструмента выполняется сменной с целью использования приспособления для различных способов не только электромеханического упрочнения пластиной или роликом, но и для поверхностного пластического дефор-

мирования при упрочнении шариком или роликом.

Лекция 13

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

1. Основные неисправности двигателей и критерии предельного состояния.
2. Технология ремонта основных механизмов двигателя.
3. Основные технические требования на комплектование и сборку.
4. Послеремонтная обкатка и испытание двигателя.
5. Основные неисправности и отказы коробок передач, редукторов, задних мостов и конечных передач, способы их обнаружения и технология устранения.

Основные неисправности двигателей и критерии предельного состояния

По некоторым данным, на вторичную приработку затрачивается до 30% ресурса безотказной работы механизмов, что резко снижает срок их службы.

Техническое состояние отдельных систем и механизмов двигателя можно определить как по внешним косвенным признакам, так и различными диагностическими средствами.

Безразборная оценка технического состояния двигателя

Чрезмерный расход (угар) картерного масла, большое количество газов, выходящих из сапуна, свидетельствуют об износе цилиндропоршневой группы или закоксовывании поршневых колец.

Глухие стуки в средней или нижней частях блока цилиндров, усиливающиеся при резком изменении частоты вращения коленчатого вала при пониженном давлении масла в магистрали, указывают на износ подшипников коленчатого вала.

Затрудненный пуск, перебои при работе двигателя на малых оборотах, свист или шипение воздуха во впускном или выпускном трубопроводах при прокручивании коленчатого вала свидетельствуют о неплотном прилегании клапанов к гнездам или подгорании фасок.

Выброс охлаждающей жидкости из паротводной трубы радиатора, особенно при увеличении нагрузки на двигатель, свидетельствует о пробое прокладки головки блока, нарушении герметичности уплотнений стакана форсунки или появлении трещин в головке блока цилиндров.

Повышение уровня масла в картере двигателя в результате попадания в него воды из системы охлаждения указывает на нарушение герметичности уплотнений гильзы с блоком.

Таким образом, основные внешние признаки необходимости проведения текущего ремонта двигателя проявляются в следующем: увеличение расхода масла, понижение давления масла в системе смазки, ухудшение пусковых качеств двигателя, возникновение отдельных отказов и повреждение деталей механизмов.

При проведении текущего ремонта двигателя, как правило, производятся замена поршневых колец, притирка клапанов, регулировка топливной аппаратуры, проверка агрегатов масляной системы. Производится замена или ремонт других частей двигателя (пусковой двигатель, водяной насос, головка блока цилиндров и др.), если в них возникли отказы или обнаружены повреждения.

Двигатель снимают с трактора и заменяют его новым или отремонтированным после проверки его технического состояния или при обнаружении следующих дефектов:

- трещин и других повреждений блока цилиндров, требующих его заварки с предварительным подогревом;
- аварийных стуках коренных или шатунных подшипников;
- предельного износа шеек коленчатого вала или предельного значения зазора хотя бы в одном сопряжении шейки коленчатого вала–вкладыш (коленчатый вал должен перешлифовываться);
- повреждений блока цилиндров, устраняемых только точной механической обработкой;
- предельного износа комплекта деталей цилиндропоршневой группы (при преждевременном износе одной из гильз допускается замена соответствующей цилиндропорш-

невой группы).

При необходимости выполнения капитального ремонта или сложных ремонтных работ, особенно в двигателях энергонасыщенных тракторов, двигатель целесообразно направить на ремонтно-обслуживающее специализированное предприятие.

Определение технического состояния шатунных подшипников и шеек коленчатого вала.

Если двигатель остановлен из-за падения давления масла в магистрали или из-за появления ненормальных стуков в зоне коленчатого вала и при этом отмечен чрезмерный расход картерного масла или большое количество газов, прорывающихся в картер, то в первую очередь проверяют состояние шатунных подшипников и шеек коленчатого вала.

Однако сначала проверяют состояние клапанов и ротора центробежного очистителя масла. Для этого пускают двигатель и прогревают его до температуры воды в системе охлаждения 85...95°. Если при номинальных оборотах давление ниже 0,1 МПа (1 кгс/см²), то регулируют давление масла в системе смазки затяжкой пружины сливного клапана центробежного масляного фильтра (нижняя пробка – с правой стороны корпуса фильтра).

Если поднять давление в системе смазки регулировкой пружины не удается, то снимают поддон картера и проверяют состояние масляного насоса, уплотнений его всасывающего и нагнетательного трубопроводов.

Если эти узлы исправны, то отсоединяют нижние шатунные крышки и замеряют шейки коленчатого вала в плоскости, перпендикулярной плоскости разъема подшипников.

Если в результате измерений установлено, что овальность шеек более 0,06 мм или их размеры менее допустимых, или на их поверхности видны следы задиров, то коленчатый вал подлежит перешлифовке на следующий ремонтный размер. В этом случае дальнейшую разборку цилиндропоршневой группы двигателя прекращают, его снимают с трактора и отправляют в капитальный ремонт на специализированное предприятие или ремонт проводят в мастерской хозяйства.

При решении вопроса о необходимости замены вкла-

дышей подшипников нужно помнить, что диаметральный износ вкладышей и шеек коленчатого вала не всегда служит определяющим критерием.

При оценке состояния вкладышей осмотром следует иметь в виду, что поверхность антифрикционного слоя считается удовлетворительной, если на ней нет задиров, выкрашивание антифрикционного материала и вкраплений инородных материалов.

Известно также, что шатунные подшипники работают в более тяжелых условиях, чем коренные, ибо они подвержены динамическим нагрузкам и хуже смазываются. Интенсивность их износа больше, чем коренных. Следовательно, нет необходимости во всех случаях заменять все подшипники коленчатого вала (коренные и шатунные могут быть заменены в разное время).

В тех случаях, когда поверхность вкладышей находится в удовлетворительном состоянии, единственным критерием необходимости их замены служит величина диаметрального зазора в подшипнике.

Тонкостенные сменные вкладыши шатунных подшипников коленчатого вала изготавливаются с высокой точностью. Необходимый диаметральный зазор в подшипнике при неизменной постели в крышке подшипника обеспечивается соответствующими диаметрами шеек коленчатого вала. Поэтому вкладыши при ремонте двигателя заменяют без каких-либо подгоночных операций, только попарно.

Нельзя также спиливать или пришабривать стыки вкладышей или крышек подшипников, а также устанавливать прокладки между вкладышами и постелью, между крышкой и шатуном.

Для определения диаметрального зазора подшипника соединяют шатун с его крышкой и индикаторным нутромером измеряют внутренний диаметр вкладышей подшипников в плоскости, перпендикулярной плоскости разъема.

Если разность размеров, полученных при замере шейки вала и вкладышей, превышает 0,25 мм, то шатунные вкладыши заменяют новыми. Номинальный зазор для вновь установ-

ленных вкладышей должен находиться в пределах 0,065...0,123 мм.

При подборе вкладышей обращают внимание на обозначение размерной группы вкладыша по высоте, маркировка которой нанесена на внутреннюю поверхность усиков знаком «+» или «-». В комплект входит один вкладыш с маркировкой «+», другой – с маркировкой «-» или оба без маркировки.

После подбора и замены шатунных вкладышей проводят **осмотр и техническую экспертизу головки блока и цилиндра-поршневой группы.**

В мастерской хозяйства двигатель устанавливают на универсальный стенд, снимают головку блока, поддон картера и масляный насос вместе с маслоприемником. Затем расшплинтовывают гайки шатунных болтов. Сняв крышки шатунов, вынимают шатуны в сборе с болтами и поршнями. На днище поршней наносят метки, чтобы при последующей постановке сохранить порядок их первоначального размещения, а крышки шатунов сразу же приворачивают к шатуну. Осмотром и средствами контроля устанавливают техническое состояние цилиндропоршневой группы: износ гильз цилиндров, поршней, поршневых колец, шатунных вкладышей.

При овальности гильз цилиндров более 0,15 мм их заменяют, а при 0,05...0,15 мм – поворачивают на 90°. На буртике каждой гильзы со стороны радиатора наносят керном метки, чтобы знать ее первоначальное положение в блоке. Съёмником гильзы цилиндров выпрессовывают по очереди из блока, проверяют осмотром, не вынимая из гнезда, резиновое уплотнительное кольцо, если есть повреждение, заменяют новым, и устанавливают гильзы в блок так, чтобы они оказались повернутыми, ориентируясь на нанесенные метки, на 90° в сторону топливного насоса. После этого гильзы запрессовывают. Запрессованные гильзы цилиндров должны выступать относительно верхней плоскости блока цилиндров на величину, указанную в технических условиях.

Замерив диаметр юбки поршня на расстоянии 10 мм от нижнего обреза поршня, определяют действительный зазор в сопряжении гильза–поршень. Значения нормального и допу-

стимого зазоров приводятся в техусловиях.

Если зазор выше допустимого, то следует комплектовать сопряжение гильза цилиндров–поршень заменой одной из этих деталей или подобрать новые в соответствии с размерными группами.

Изношенные кольца заменяют новыми. Для этого необходимо их снять, очистить канавки поршня от нагара и смолистых отложений, подобрать и надеть на поршень новые поршневые кольца. Поршневые кольца подбирают по их упругости и величине зазора между поршневым кольцом и канавкой поршня по высоте.

Технология ремонта основных механизмов двигателя

Если диагностические параметры достигли предела или превышают допустимые в эксплуатации величины, то двигатель разбирают для технической экспертизы путем осмотра и микрометража цилиндропоршневой группы с целью замены непригодных, износившихся деталей.

При неисправности в каком-либо цилиндре (поломка, закоксовывание поршневых колец, задир его поверхности) обычно осматривают всю цилиндропоршневую группу и, если необходимо, заменяют изношенные детали.

Поршневые кольца, как правило, заменяют при чрезмерном прорыве газов в картер или чрезмерном угаре картерного масла при условии, если зазоры между юбками поршней и гильзами находятся в пределах допустимых значений. В этом случае рекомендуется гильзы цилиндров поворачивать на 90° вокруг оси, так как они больше всего изнашиваются в плоскости, перпендикулярной оси двигателя. Для разборки цилиндропоршневой группы снимают головку цилиндров и поддон картера. Поршень первого цилиндра устанавливают в НМТ, снимают масляный насос и трубопровод, расконтривают и отворачивают гайки шатунных болтов и снимают шатунные крышки. Поршень с шатуном в сборе перемещают к верхней плоскости блока и вынимают из гильзы цилиндра.

Одновременно вынимают поршень с шатуном четвертого цилиндра. Поворачивают коленчатый вал на 180°, снимают

крышки и вынимают поршни с шатунами второго и третьего цилиндров. После разборки цилиндропоршневой группы состояние каждой детали и сопряжения оценивают по результатам их осмотра и микрометража.

В первую очередь измеряют индикаторным нутромером износ гильз цилиндров в верхнем и среднем рабочих поясах и диаметр юбки поршня. Гильзы заменяют, если износ ее рабочей поверхности более 0,4 мм на диаметр или овальность и конусность превышают 0,06 мм. Гильзу из блока цилиндров выпрессовывают приспособлением Д7801-4001. С помощью специального приспособления снимают кольца с поршней и прочищают их канавки для замера. Поршни заменяют при торцевом зазоре между новым кольцом и канавкой поршня более 0,4 мм.

Поршневые кольца заменяют, если зазор в замке кольца, установленного в изношенной части цилиндра, превышает 4 мм. Новые кольца при их установке в работавшие цилиндры должны иметь зазор в замке не более 1,2 мм.

Упругость поршневых компрессионных колец проверяют на приспособлении КИ-0507-В-ГОСНИТИ. При зазоре в замке 0,45...0,5 мм упругость кольца должна составлять 60...75 Н (6...7,5 кгс).

Перед сборкой цилиндропоршневой группы, связанной с установкой новых деталей, последние подбирают по размерным группам. Гильзы цилиндров по внутреннему диаметру и поршни по наружному диаметру юбки сортируют на три размерные группы. Поршни и гильзы, устанавливаемые на двигатель, должны быть одной размерной группы.

Перед установкой гильзы в блок осматривают состояние уплотнительных резиновых колец в блоке цилиндра. Как правило, их заменяют новыми. Гильзы в блок цилиндров устанавливают с помощью специальной оправки легкими ударами молотка. Если гильза «садится» в блок туго, то для запрессовки применяют двухлапчатый съемник. После запрессовки новой гильзы в блок обязательно проверяют выступание ее торца над поверхностью блока цилиндров. Для этого гильзу прижимают к посадочному месту двухлапчатым

съемником и измеряют выступание станочным индикатором на подставке. Выступание торца гильзы должно находиться в пределах $0,12 \pm 0,02$ мм.

При сборке поршней с шатунами обращают внимание на размерные группы поршневых пальцев – их внутренняя поверхность промаркирована черной или желтой краской. Бобышка поршня и стержень шатуна также промаркированы краской. На один двигатель подбирают поршни и поршневые пальцы одной размерной группы или одной маркировки.

Поршневой палец запрессовывают в поршень после его предварительного нагрева в масле до температуры $70 \dots 80^\circ\text{C}$. Разница в массе шатунов в комплекте не должна превышать $0,15$ Н (15 г).

При подборе новых поршневых колец их устанавливают в новую гильзу или в верхнюю неизношенную часть работавшей гильзы и щупом измеряют зазоры в замках колец. Зазор в замке должен быть в пределах $0,45 \dots 0,75$ мм. Радиальный зазор (просвет) между поршневым кольцом и гильзой цилиндра должен быть не более $0,04$ мм в двух местах на дугах до 30° , расположенных не ближе 30° от замка кольца.

Снятую с двигателя головку блока устанавливают на верстак. Сжав клапанные пружины, вынимают сухарики, снимают тарелки, а затем снимают клапанные пружины и предохранительные кольца. Переворачивают головку блока на бок и вынимают все клапаны. Головку блока и детали клапанного механизма тщательно очищают от нагара и смолисто-масляных загрязнений.

Если клапанное гнездо головки блока сильно изношено, то его следует профрезеровать сначала черновой фрезой 45° до полного удаления следов износа, а затем фрезами 15 и 75° до нужной ширины рабочей фаски и окончательно чистовой фрезой 45° . Верхнюю кромку рабочей фаски путем обработки фрезой 15° располагают таким образом, чтобы клапан утопал относительно плоскости головки блока не больше значений, указанных в техусловиях.

Последовательность фрезерования клапанных гнезд:

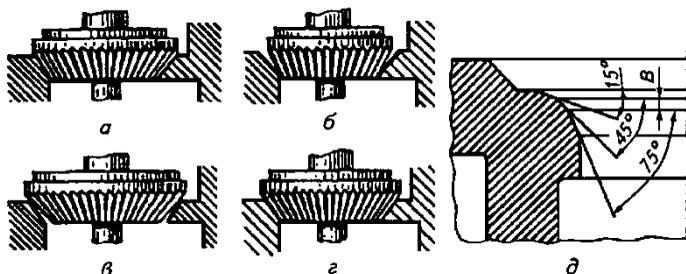


Рис. 13.1

a...в – фрезой черновой с углом наклона режущей части 45, 75, 15°; *г* – фрезой чистовой с углом наклона режущей части 45°; *д* – схема образования рабочей фаски гнезда при фрезеровании; *B* – ширина рабочей фаски

Изношенную коническую поверхность клапана шлифуют на специальных станках типа ПТ-823, СШК-3 или модели 2414. Клапаны, у которых высота цилиндрической части тарелки меньше 0,4 мм, выбраковывают.

По фаскам гнезд клапаны притирают вручную пневматической дрелью модели 2213 или коловоротом, или на специальных станках типа ОПР-1841А. Для притирки используют пасту ГОИ грубую (для черновой) и среднюю (для окончательной).

Притирают клапаны возвратно-поступательным движением на 1/3 оборота в одну сторону и на 2/3 – в обратную. Чтобы изменить направление вращения, клапан приподнимают на 3...5 мм пружиной, установленной под клапаном. Хорошее качество притирки обеспечивается постепенным поворотом клапана на полный оборот относительно первоначального положения. При притирке на станках такой поворот клапанов осуществляется автоматически, а коловоротом – вручную. На станках клапаны притираются все сразу, а пневматической дрелью или коловоротом – каждый в отдельности.

Притертые фаски должны иметь по всей окружности матовую полоску шириной 2...2,2 мм.

После притирки клапаны и головку цилиндров промывают до полного удаления пасты и собирают клапанный механизм. При этом стержни клапанов смазывают маслом и устанавливают их в направляющие втулки, надевают предохранительные кольца на стержни клапанов, переворачивают головку привалочной плоскостью вниз, устанавливают на стержни клапанные пружины и тарелки. Сжав клапанную пружину приспособлением, устанавливают два сухарика. Отпустив пружину, обжимают сухарики ударами молотка через наставку по стержню клапана.

Перед установкой головки блока на двигатель проверяют качество притирки клапанов. Для этого во всасывающие и выпускные окна заливают керосин. Если в течение 3 мин керосин не просочится, то качество притирки считается хорошим.

Головку цилиндров устанавливают на двигатель в следующей последовательности: очищают плоскость блока цилиндров от остатков старой прокладки и загрязнений, смазывают графитовой пастой прокладку головки блока и устанавливают ее на плоскость блока цилиндров, устанавливают головку цилиндров на блок, наворачивают на все шпильки гайки, затягивают гайки головки блока в строгой последовательности и постепенно (на $1/3 \dots 1/2$ оборота гайки) и окончательно затягивают их динамометрическим ключом. Момент затяжки – 19...25 кгс·м.

Установив головку, собирают механизм газораспределения, устанавливают штанги толкателей, а затем устанавливают и закрепляют на головке цилиндров механизм газораспределения в сборе. Коромысла должны свободно поворачиваться на валике, а бойки коромысел – без перекосов прилегать к торцам стержней клапанов.

В четырехцилиндровом двигателе с порядком работы 1–3–4–2 все клапаны можно отрегулировать в два приема. При положении поршня первого цилиндра в в. м. т. на такте сжатия регулируют зазоры в 1, 2, 3 и 5 клапанах, а после поворота коленчатого вала на один оборот – в 4, 6, 7 и 8 клапанах. Величина зазора для различных двигателей приводится в техусловиях.

Основные технические требования на комплектование и сборку ПРОВЕРКА ШАТУНА

После разборки двигателя на агрегаты и узлы, очистки и мойки производятся оценка их технического состояния, испытание и необходимый ремонт, если он требуется. Неисправные детали заменяют на новые из запасных частей.

Основными дефектами комплекта шатунно-поршневой группы являются: износ поршня и гильзы, изгиб и скручивание стержня шатуна, износ отверстий его нижней и верхней головок, ослабление посадки (натяга) втулки верхней головки, а также износ канавок под поршневые кольца и излом перемычек между канавками под поршневые кольца; износы поверхностей отверстий в бобышках под поршневой палец, поверхности на юбке поршня, поршневого пальца и втулки верхней головки шатуна; повреждение резьбы шатунных болтов.

Изгиб и скручивание шатуна проверяют на приборе КИ-724. Шатуны проверяются без вкладышей и без втулки верхней головки, но с крышкой нижней головки. Для шатунов двигателей всех марок изгиб допускается не более 0,04 мм, а скручивание – 0,06 мм на длине 100 мм. Общий наибольший изгиб шатуна не должен превышать 0,08 мм, а скручивание – 0,12 мм, при больших значениях шатуны должны подвергаться ремонту или выбраковываться.

Восстановление шатуна начинают с устранения изгиба и скручивания путем правки его с помощью винтовых и других приспособлений с последующей термообработкой при температуре 400...500°С в течение 2...3 ч. Однако техническими требованиями на ремонт дизелей правка шатунов не рекомендуется из-за ее низкой эффективности. В данном случае небольшую непараллельность осей отверстий верхней и нижней головок шатуна можно устранить при расточке втулки верхней головки после ее запрессовки.

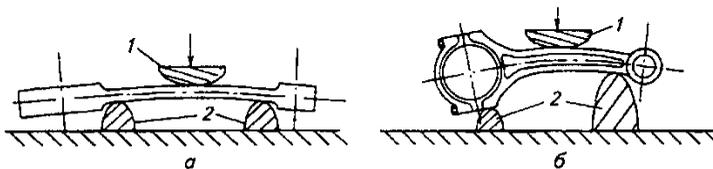


Рис. 13.2 Схемы правки:

a – шатуна в плоскости, параллельной отверстиям;
б – стержня шатуна в плоскости, перпендикулярной
отверстиям; 1 – прижим; 2 – подкладки

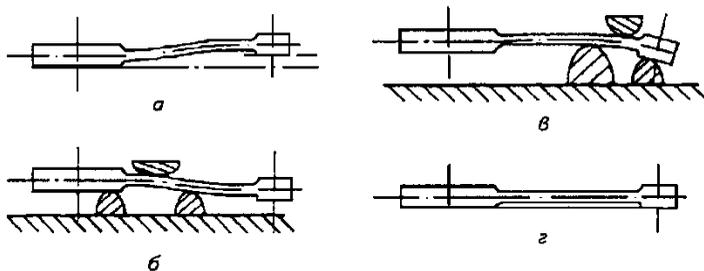


Рис. 13.3 Схема устранения смещения головок шатуна:

a – исходное состояние; *б* и *в* – изгибы стержня
предварительные у нижней и верхней головок;
г – состояние после правки

Подбор колец

Новые поршневые кольца, предназначенные для замены изношенных, должны удовлетворять следующим требованиям: свободно перемещаться в канавке поршня, иметь зазор в стыке кольца в пределах допустимого, удовлетворять требованиям прилегаемости к гильзе, обладать определенной упругостью. Проверка упругости кольца производится путем сжатия его до диаметра цилиндра, при этом усилие сжатия кольца должно соответствовать техническим условиям для конкретного типа двигателя.

Зазоры по высоте между канавками поршня и поршневыми кольцами следует выдерживать соответственно данным, приведенным в техусловиях.

Поршневые кольца, установленные в канавке, должны перемещаться в них под действием собственной массы при вращении поршня в горизонтальном положении.

Упругость поршневых колец измеряется на приспособлении МК-ПР-562. Прилегание наружной поверхности кольца к поверхности зеркала цилиндра контролируется на приспособлении 9570-270. Радиальный зазор (просвет) между кольцом и контрольным калибром приспособления не должен превышать 0,02 мм. Зазор допускается при его расположении не ближе 30° от замка и не более чем в двух местах — на дугах 30°. Надевание колец на поршень производится с помощью приспособления, позволяющего расширять кольцо больше диаметра поршня.

Перед установкой поршня в сборе с шатуном в блок располагают замки поршневых колец на равном расстоянии по окружности; поршень и его кольца смазывают дизельным маслом. В правильно подобранной гильзе поршень (без колец) должен медленно опускаться под действием собственной массы.

Поршень в гильзу устанавливают с помощью приспособления, которое можно изготовить в мастерской. Шатунные подшипники затягивают динамометрическим ключом моментом 140...160 Н·м (14...16 кгс·м).

После установки всех шатунов в сборе проверяют индикатором на подставке выступание днища каждого поршня над поверхностью блока при нахождении поршня в ВМТ. Оно должно быть в пределах 0,2...0,55 мм.

Продольный люфт нижней головки шатуна должен быть 0,25...0,55 мм (допустимый – 0,7 мм).

После этого устанавливают масляный насос, его всасывающий и нагнетательный трубопроводы и закрывают поддон картера, предварительно смазав его прокладку с двух сторон графитной смазкой, состоящей из 40% графитного порошка и 60% дизельного масла.

Головку цилиндров устанавливают на двигатель в по-

следовательности, обратной снятию. Перед установкой головки в цилиндры заливают по 30...50 г дизельного масла, а прокладку головки блока смазывают с обеих сторон графитной смазкой.

После установки головки на блок цилиндров затягивают в определенной последовательности гайки шпилек крепления. Затяжку проводят в несколько приемов (не более чем на одну-две грани); окончательно затягивают динамометрическим ключом с моментом 160...180 Н·м (16...18 кгс·м).

Устанавливают штанги, вал коромысел в сборе и регулируют тепловые зазоры клапанов. Для этого устанавливают поршень первого цилиндра в ВМТ на такте сжатия; клапаны должны быть закрыты. Контролируют тепловой зазор приспособлением КИ-9918-ГОСНИТИ или щупом. Зазор в холодном состоянии двигателя должен быть 0,35 мм для всех клапанов.

Если клапаны неплотно прилегают к гнездам или прослушивается металлический стук, не устранимый регулировкой клапанов, попала вода в камеру сгорания, клапаны утопают сверх допустимых пределов, то головку блока цилиндров нужно снимать с трактора для ремонта.

Утопание клапанов без снятия с блока цилиндров определяют по выступанию их стержней относительно поверхности головки цилиндров. Для этого устанавливают поочередно поршни в ВМТ на такте сжатия и измеряют штангенглубиномером расстояние от поверхности головки до торца стержня клапана. Если выступание стержня клапана более 57,2 мм, то головку снимают и ремонтируют. Номинальное значение выступания стержня клапана – 56 мм, предельное – 58,4 мм.

После снятия головки и экспертизы ее технического состояния определяют необходимость ее замены. Заменяют головку блока при наличии трещин около отверстий водяной рубашки и между клапанными гнездами; при короблении нижней плоскости более 0,2 мм, замеренной металлической проверочной линейкой и щупом; при утопании клапанов более 3 мм, замеренном штангенглубиномером относительно плоскости головки. Допустимое значение утопания клапанов – 1,8 мм.

Если параметры технического состояния головки находятся в пределах допустимых значений, головку ремонтируют. Предварительно маркируют и снимают клапаны, их пружины и проверяют их техническое состояние. При наличии прогаров, глубоких раковин на фасках клапанов их шлифуют на специальном станке или заменяют новыми. Клапаны, у которых обнаружена деформация стержня, также заменяют. Если седло клапана имеет трещины, то головку сдают в ремонт.

Дефекты клапанов. Наиболее часто встречаются износы фаски, стержня и торца клапана, нередко также случаи деформации стержня вследствие удара поршня по незакрывшемуся клапану.

Стержень клапана должен быть прямолинейным. Проверку на прямолинейность проводят с помощью индикатора на призмах. Допуск на отклонение от прямолинейности стержня клапана равен 0,015 мм на 100 мм длины.

Допуск торцового биения рабочей поверхности фаски клапана не должен превышать 0,03 мм.

При износе диаметра стержня клапана более 0,015 мм клапан следует заменить.

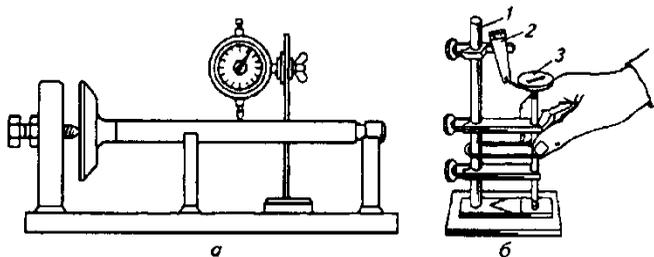


Рис. 13.4 Проверка клапана:

- a* – отклонения от прямолинейности стержня;
- б* – торцового биения рабочей поверхности фаски;
- 1* – стойка приспособления; *2* – измерительное устройство;
- 3* – клапан

Обработка фаски клапана

При обнаружении износа или при наличии раковины или риски на рабочей фаске клапан шлифуют на специальных станках с креплением клапана в цанговом патроне. Конструкция станков позволяет установить клапан под требуемым углом к шлифовальному кругу. Фаска может быть обработана с помощью специального приспособления, которое имеет резцовую головку и направляющие для центрирования клапана по стержню.

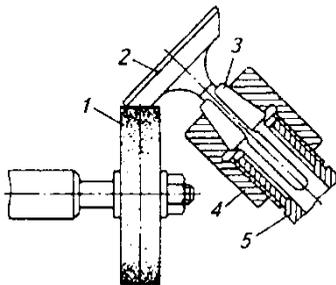


Рис. 13.5 Схема шлифования фаски клапана:
1 – шлифовальный круг; 2 – клапан; 3 – цанговый зажим;
4 – гайка; 5 – корпус зажима

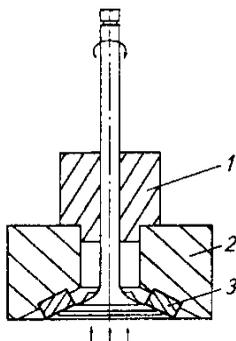


Рис. 13.6 Схема обработки фаски клапана резцовой головкой:
1 – центрирующая втулка; 2 – резцовая головка;
3 – твердосплавный резец

Перед установкой клапанов для притирки индикаторным нутромером проверяют изношенность отверстий направляющих втулок. Если внутренний диаметр отверстия превышает 11,13 мм или ослаблена посадка, втулку заменяют. Новую втулку запрессовывают с натягом 0,03 мм.

Износ втулок вызывает нарушение уплотнения стержня клапана, увеличенный расход масла и повышенный шум механизма газораспределения. Направляющие втулки заменяют новыми или ремонтных размеров с уменьшенным внутренним диаметром. Отверстия втулок под чертежный или ремонтный размер стержня клапана развертывают так, чтобы зазор в соединении соответствовал техническим требованиям.

В отдельных случаях изношенную поверхность втулки восстанавливают с помощью специального приспособления – роликовой раскатки (роллера). Приспособление состоит из трех основных частей – направляющей, корпуса и твердосплавного ролика. Гнездо для ролика в корпусе имеет небольшой угол наклона, что позволяет при вращении приспособления ввинчивать его во втулку. Ролик вдавливается во внутреннюю поверхность втулки и продавливает в ней винтовую канавку. Указанные приспособления выпускаются для диаметров втулок 7; 8; 8,5; 9; 10 и 11 мм. После обработки втулки роликом отверстие необходимо развернуть в чертежный размер разверткой, в результате чего гребешки у винтовой канавки сглаживаются, образуя опорный пояс. Ресурс втулок в 1,5...2,0 раза уступает новым.

Если ремонтировали один-два клапана, то их притирают приспособлением 2213.

Притирку производят притирочной пастой, состоящей из смеси микропорошка М20 с индустриальным или веретенным маслом. На клапан надевают технологическую пружину и при вращении стержня приспособления его периодически приподнимают. Время от времени проверяют состояние притирающихся фасок клапана и седла. Ширина притертой матовой полоски на фаске клапана должна быть не более 2 мм. Верхняя кромка матовой полоски должна располагаться на расстоянии не менее 0,5 мм от цилиндрического пояса клапана.

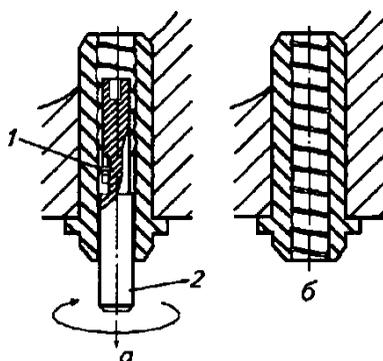


Рис. 13.7 Ремонт отверстия направляющей втулки клапана:
a – нарезание внутренней резьбы; *б* – отверстие после
 развертывания; 1 – ролик из твердого сплава; 2 – ролик

Если матовая полоска располагается ближе к цилиндрической части (менее 0,5 мм) тарелки клапана, то шлифуют седла сначала шлифовальным кругом 15°, а затем – 75°. До номинальной ширины рабочего пояса седла клапана доводят шлифовальным кругом 45°. Если матовая полоска на клапане располагается в нижней части тарелки, то сначала шлифуют седло кругом 75°, а затем – 15°.

Перед сборкой клапанов проверяют упругость клапанных пружин. Значения усилия сжатия и высоты пружин должны соответствовать данным, указанным в техусловиях. Пружины, не отвечающие этим требованиям, заменяют. Перед сборкой головки блока тщательно промывают и протирают фаски клапанов и седел; стержни смазывают дизельным маслом. Сухари клапанов должны выступать над плоскостью тарелки пружины на $1 \pm 0,5$ мм.

Герметичность сопряжения клапан–седло проверяют заливкой дизельного топлива или керосина во впускные и выпускные каналы головки блока. При появлении течи топлива из-под тарелки клапана ранее чем через 2...3 мин клапан и седло разбирают и притирают повторно.

Дефекты головки цилиндров

В головках цилиндров основные неисправности заклю-

чаются в износе фасок клапанных седел из-за наклепа и в результате завальцовки, их прогорания на некоторых участках; в износе внутренних поверхностей отверстий направляющих втулок клапанов. Может иметь место также образование трещин в перемычках между седлами клапанов и в перемычках между клапанными седлами и отверстиями под форсунку. Возможны коробления плоскостей прилегания головки к блоку цилиндров. Поверхности камер сгорания в процессе работы двигателя покрываются слоем нагара и твердых смолистых отложений. На поверхностях водяной рубашки образуется слой накипи.

Возможны повреждения резьбы на шпильках и в резьбовых отверстиях. На вставках камер могут образовываться трещины, а стенки могут обгореть. Может быть нарушена герметичность соединения между стаканом форсунки и головкой цилиндров.

При разборке головок блока цилиндров снимают механизмы коромысел, вынимают клапаны, вставки камер сгорания, очищают поверхности от остатков прокладок и от нагара, промывают детали и дефектуют их. Головка блока цилиндров проходит гидравлическое испытание на герметичность водяной рубашки. Из нее удаляют сломанные шпильки и нарезают новую резьбу. В случае необходимости заменяют направляющие втулки клапанов, вставки камер сгорания, стаканы форсунок. Фаски клапанных седел обрабатываются, по седлам подбираются клапаны, производится их притирка к седлу. Затем удаляют притирочную пасту с головки цилиндров и клапанов и промывают места, на которых она находилась.

После сборки головку блока цилиндров испытывают на герметичность посадки клапанов в гнезда. Испытание может производиться с применением керосина или сжатого воздуха.

Изношенную поверхность бойка клапана шлифуют до выведения следов износа на станке СШК-3. Высота бойка А после обработки должна соответствовать техническим требованиям. Если она меньше допустимого значения, то боек наплавляют электродом Т-590 и затем шлифуют на номинальный размер. Шероховатость поверхности после шлифо-

вания $R_a = 0,63$ мкм и твердость HRC 50.

Изношенную втулку коромысла выпрессовывают и заменяют новой. Новую втулку запрессовывают с натягом 0,01 мм. Отверстие во втулке развертывают до номинального или ремонтного размера в зависимости от размера валика коромысел.

Непараллельность рабочей поверхности бойка коромысла оси отверстия во втулке должна быть не более 0,05 мм.

Изношенные валики коромысел шлифуют под ремонтный размер или восстанавливают наплавкой с последующим шлифованием до номинального размера.

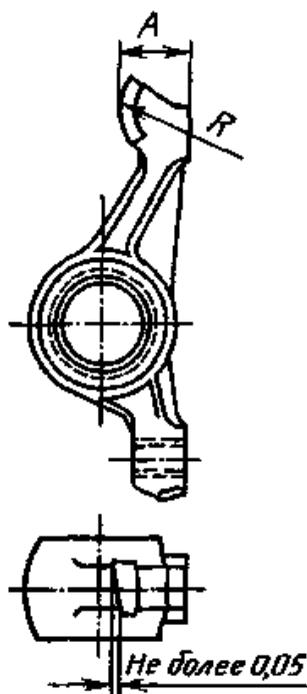


Рис. 13.8 Схема рабочей поверхности бойка коромысла:

A — высота бойка после шлифования;

R — радиус закругления бойка

Послеремонтная обкатка и испытание двигателя

При ремонте двигателя, заключавшемся в снятии с трактора для замены шатунно-поршневой группы, его обкатывают и испытывают на электротормозном стенде КИ-2139Б-ГОСНИТИ или др.

Обкатывают двигатель на дизельном масле М10В или Т101. Последовательность обкатки: холодная обкатка; «на газу» без нагрузки; «на газу» с нагрузкой.

Холодную обкатку двигателя (прокручивание) проводят по 10 мин на следующих режимах: 50,2...60,2 рад/с (500...600 об/мин); 70,3...80,3 рад/с (700...800 об/мин); 90,4...95,4 рад/с (900...950 об/мин).

Давление масла в масляной магистрали должно быть не ниже 0,2 МПа (2 кгс/см²). В период прокручивания осматривают и ослушивают двигатель. Не допускается подтекание топлива, воды и масла в местах соединений трубопроводов и в плоскостях сопряжения деталей.

Снимают колпак крышки головки блока и проверяют подачу смазки на регулировочные болты коромысел и штанги толкателей. Окончив прокручивание, проверяют и при необходимости регулируют зазоры между коромыслами и клапанами.

Обкатку двигателя «на газу» без нагрузки проводят по 5 мин на следующих режимах: 100,4 рад/с (1000 об/мин); 140,6 рад/с (1400 об/мин); 180,7 рад/с (1800 об/мин).

При максимальной подаче топлива – то же 5 мин.

Давление масла в магистрали должно быть не ниже 0,2 МПа (2 кгс/см²) при температуре масла и воды 80...90°С.

После обкатки «на газу» снова снимают колпак крышки головки блока и подтягивают гайки шпилек крепления головки динамометрическим ключом, соблюдая последовательность; момент затяжки гаек должен быть 170±10Н·м (17±1 кгс·м). Сначала отпускают гайку на 1/4 оборота, а затем затягивают до необходимого усилия. После этого проверяют тепловые зазоры в клапанах. Зазор между бойками коромысел и стержнями клапанов на горячем двигателе должен быть 0,25 мм.

Перед обкаткой двигателя «на газу» с нагрузкой сливают обкаточное масло и в картер заливают свежее моторное

масло. Обкатывают двигатель под нагрузкой при 220,9 рад/с (2200 об/мин) коленчатого вала на следующих режимах: 7,4 кВт (10 л. с.) – 10 мин; 22,1 кВт (30 л. с.) – 10 мин; 36,8 кВт (50 л. с.) – 10 мин; 51,5 кВт (70 л. с.) – 10 мин; 58,8 кВт (80 л. с.) – 5 мин.

Давление масла в магистрали прогретого до $80\pm 10^\circ\text{C}$ двигателя должно быть $0,25\pm 0,05$ МПа ($2,5\pm 0,5$ кгс/см²) при номинальной частоте вращения коленчатого вала и не менее $0,08$ МПа ($0,8$ кгс/см²) при минимальной частоте вращения. Если давление при номинальной частоте вращения ниже указанного, то его регулируют регулировочной пробкой, расположенной в масляном фильтре.

В процессе обкатки двигателя под нагрузкой не допускается появление масла, топлива, воды через резьбовые соединения, через прокладку головки блока, из-под форсунок и т.п. Стетоскопом слушивают ненормальные шумы и стуки в различных зонах двигателя.

В конце обкатки проверяют и при необходимости регулируют максимальную частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу – 239 ± 1 (рад/с (2385 ± 10) об/мин). Регулируют винтом максимальную частоту вращения, контролируя ее по тахометру.

После этого контролируют мощность, развиваемую двигателем, и расход топлива. Номинальная мощность двигателя должна быть $55,2\pm 37$ кВт ($75+5$ л.с.) при 221 рад/с (2200 об/мин) коленчатого вала и полной подаче топлива.

Удельный расход топлива при этом должен быть не более 195 г/э.л.с.·ч, часовой расход – 14 кг/ч. Если мощность двигателя и часовой расход топлива занижены, то топливный насос снимают с двигателя и отправляют в мастерскую для регулировки.

Мощность двигателя N_e (кВт) определяют по формуле

$$N_e = M_k n / 1000,$$

где M_k – крутящий момент, Н·м;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Крутящий момент определяют по формуле

$$M_k = P_T l,$$

где P_T – показание шкалы динамометрического устройства стенда, Н;

l – длина плеча тарировочного рычага стенда, м.

Часовой расход топлива G_T (кг/ч) рассчитывают по выражению

$$G_T = 3,6g/t,$$

где g – масса топлива израсходованного за время испытания, г;

t – время испытания, с.

Для замера расхода топлива во время испытаний двигателя на стенде установлено весовое устройство.

Удельный расход топлива определяют по формуле

$$g_e = 1000G_T / N_e.$$

Полученные в результате испытания двигателя эффективную мощность, крутящий момент и удельный расход топлива приводят к значениям стандартных условий испытания, умножая их на соответствующие коэффициенты приведения, определяемые по специальным таблицам или номограммам.

Стандартными условиями считаются:

- барометрическое давление 101,3 кПа (760 мм рт. ст.);
- температура воздуха 20°C;
- относительная влажность воздуха 50%;
- температура топлива 25°C;
- плотность топлива 0,83 г/см³ при температуре 20°C.

В период обкатки следует постоянно контролировать температуру воды и масла, которые не должны превышать соответственно 85 и 95°C. По окончании обкатки и испытания двигатель подвергают контрольному осмотру.

Контрольный осмотр двигателя проводят в тех случаях, когда в процессе обкатки и испытания были обнаружены

посторонние стуки или неисправности в кривошипно-шатунном механизме, цилиндропоршневой группе, зубчатых колесах механизма газораспределения, низкое давление масла в магистрали и др. Кроме того, на мотороремонтных предприятиях контролируют выборочно не менее одного двигателя из каждых десяти, успешно выдержавших испытания.

При контрольном осмотре с двигателя снимают масляный картер и масляный насос в сборе с приводом и заборником. Поворачивая коленчатый вал, поочередно устанавливают поршни в ВМТ и осматривают поверхности гильз цилиндров. Продольные риски и задиры на поверхностях цилиндров не допускаются. В случае обнаружения задиров на зеркале гильз двигатель подвергают полному контрольному осмотру со снятием головки цилиндров и шатунов в сборе с поршнями.

Основные неисправности и отказы коробок передач, редукторов, задних мостов и конечных передач, способы их обнаружения и технология устранения

Наиболее вероятные неисправности понижающего редуктора: *износ фрикционных накладок тормозка, износ или обломы вилок отводок, износ поверхности цапф отводок под вилки, разрушение или потеря эластичности манжеты ведущего вала привода ВОМ, деформации или износ вилки переключения редуктора, а также зубчатой муфты.*

Характерный скрежет шестерен коробки передач при переключении скоростей из-за неполной остановки валов свидетельствует об износе фрикционных накладок тормозка или поверхностей в месте сопряжения вилки и цапфы отводки тормозка.

Увеличенный свободный ход педали сцепления, не поддающийся регулировке, указывает на износ пазов вилок выключения и поверхностей цапф отводки.

Чтобы оценить степень износа указанного сопряжения, отсоединяют корпус муфты сцепления от двигателя и измеряют зазор между вилками и цапфами отводки. Если он достиг размера 2 мм, то вилки и отводку заменяют.

Появление смазки в сухом отсеке корпуса муфты сцеп-

ления свидетельствует о потере эластичности или разрушении манжеты ведущего вала привода ВОМ.

Для устранения этой неисправности отсоединяют корпус сцепления от двигателя и снимают механизм управления муфтой сцепления. Затем спрессовывают кронштейн отводки и заменяют манжету.

Значительное свободное перемещение рычага переключения ступеней редуктора указывает на большой износ вилки переключения или паза зубчатой муфты.

Основными неисправностями коробки передач являются: *износ поверхностей трения деталей механизма переключения; подшипников, их посадочных мест; усталостное разрушение зубьев скользящих шестерен; ослабление затяжки и отворачивание гайки вторичного вала; нарушение регулировки конических роликоподшипников.*

Значительное перемещение рычага переключения передач, неполный выход шестерен из зацепления, остановка двигателя при отпускании педали сцепления из-за включения сразу двух передач, самопроизвольное выключение передач свидетельствуют об износе поверхностей трения вилок включения, кулисы, кольцевых пазов скользящих шестерен, а также о деформации планок переключения или потере упругости пружин фиксаторов.

Появление посторонних шумов в коробке передач, чрезмерный нагрев отдельных участков корпуса указывают на разрушение или заклинивание подшипников коробки передач.

Стуки в коробке передач, исчезающие при переключении на другую передачу, могут свидетельствовать об усталостном разрушении или выкрошивании зубьев отдельных шестерен коробки передач.

О неисправности обгонной муфты судят по отсутствию автоматического включения переднего ведущего моста, а также по величине пробуксовки задних колес, при которой срабатывает привод передних колес.

О большом износе или поломке вилки зубчатой муфты раздаточной коробки свидетельствует невозможность принудительного включения переднего моста.

Ремонт заднего моста и вала отбора мощности

При эксплуатации тракторов МТЗ-80/82 может нарушиться зацепление шестерен главной передачи, износиться зубья шестерен, шлицы, подшипники конечных передач. Признаком этих неисправностей, как правило, повышенный шум в корпусе заднего моста.

Следы смазки на внутреннем ободе колеса или на крышке рукава полуоси свидетельствуют о разрушении или потере эластичности манжеты полуоси.

Повышенный шум или стук в рукавах полуосей указывает на износ подшипников.

Отказ блокировочной муфты, а также появление подтеков масла на ее крышке свидетельствует о разрыве диафрагмы или износе накладок соединительных дисков.

Ощутимый на слух стук, сопровождающий срабатывание механизма блокировки, указывает на износ или деформацию шлицев соединительных дисков или блокировочного вала.

Увеличенный ход педалей, неработоспособность одного или одновременно двух тормозов, увод трактора в сторону при торможении свидетельствуют об износе накладок дисков и нарушении регулировки механизма управления тормозами.

Заедание рычага управления валом отбора мощности (ВОМ) свидетельствует о неработоспособности механизма усиления (стакана пружины). Затрудненное переключение поводка переключения ВОМ с независимого на синхронный привод свидетельствует об износе или смятии кулачков муфты переключения.

Шумы и стуки в корпусе заднего моста, вращение вала привода ВОМ рывками свидетельствуют об износе шлицев или зубьев вала коронной шестерни, а также об износе подшипника № 210.

Ощутимое рукой осевое перемещение хвостовика ВОМ свидетельствует о нарушении фиксации и ослаблении затяжки гайки вала ВОМ.

Следы масла на крышке ВОМ указывают на потерю эластичности или разрушение манжет вала.

Заметное снижение мощности, передаваемой от тракто-

ра к сельскохозяйственной машине, продолжение вращения хвостовика при выключении ВОМ свидетельствуют о нарушении регулировки тормозных лент или о чрезмерном износе их накладок.

Значительный шум, увеличивающийся с повышением нагрузки, вращение вала ВОМ с остановками и рывками свидетельствуют о значительном износе подшипников, шлицев, сателлитов или их осей.

Техническое состояние этих деталей определяют после снятия ВОМ. Для осмотра крышку ВОМ зажимают в тисках и, прокручивая хвостовик, осматривают зубья, рукой проверяют перемещение хвостовика в подшипниках. Обнаружив сколы на зубьях, большие перемещения в сопряжениях отдельных деталей или заедание вала, вал отбора мощности разбирают и заменяют непригодные детали.

При полной или частичной разборке понижающего редуктора, коробки передач, заднего моста, замены отдельных шестерен, подшипников проводят обкатку трансмиссии, для чего поддомкрачивают ведущее колесо и специальной рукояткой проворачивают хвостовик вала отбора мощности, включая поочередно все передачи. Вал ВОМа при этом должен быть включен на синхронный привод. Все шестерни должны вращаться свободно, без заедания.

Лекция 14

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

1. Диагностирование технического состояния дизельной топливной системы.
2. Влияние износа узлов на работу двигателя.
3. Ремонт прецизионных деталей.

Диагностирование технического состояния дизельной топливной системы

В процессе эксплуатации дизеля могут появиться следующие признаки неисправности топливной аппаратуры:

- дизель не пускается,
- не развивает нормальной мощности,
- неустойчиво работает или работает с дымным выпуском.

Указанные признаки во многом обуславливаются нарушением подачи топлива.

Причины нарушения подачи топлива:

- образование воздушных пробок в топливопроводах, головке топливного насоса, фильтрах;
 - сильный износ плунжерных пар, нагнетательных клапанов топливного насоса, распылителей форсунок;
- нарушение регулировки топливного насоса или неправильная его установка на дизеле

Затруднение пуска, снижение мощности и экономичности двигателя или работа его с перебоями указывают на неисправность или разрегулировку отдельных узлов топливной аппаратуры.

При неправильной регулировке топливной аппаратуры и системы газораспределения мощность даже нового, изношенного двигателя может снизиться на 25...30 % от номинальной, а мощность предельно изношенного, но правильно отрегулированного двигателя ниже номинальной обычно на 5...7 %. Таким образом, нарушение регулировочных параметров топливной аппаратуры влияет на мощность и экономич-

ность двигателя в большей степени, чем износ.

Состояние топливной аппаратуры характеризуют:

- давление впрыска и качество распыла топлива форсунками,
- производительность подкачивающего насоса,
- пропускная способность фильтрующих элементов фильтров,
- состояние перепускного клапана,
- степень изношенности плунжерных пар и нагнетательных клапанов,
- частота вращения кулачкового вала,
- производительность и степень неравномерности подачи топлива элементами топливного насоса,
- угол опережения подачи топлива в цилиндры двигателя.

На снижение мощности двигателя могут влиять такие эксплуатационные факторы, как загрязнение воздухоочистителя или неправильная регулировка тяги управления подачей топлива. В этом случае при полном нажатии на педаль или установке рукоятки управления подачей топлива до отказа рычаг управления регулятором топливного насоса не упирается в винт максимальной частоты вращения. В результате снижаются номинальная частота вращения коленчатого вала и количество подаваемого топлива в цилиндры, а следовательно, и мощность двигателя.

Регулировкой тяги добиваются, чтобы при нажатии на педаль или повороте рукоятки управления подачи топлива наружный рычаг 5 (рис. 14.1) управления регулятором топливного насоса касался винта 4 регулировки максимальной частоты вращения. После этого двигатель пускают, проверяют и регулируют винтом максимальную частоту вращения коленчатого вала без нагрузки.

Частоту вращения коленчатого вала определяют тахометром по частоте вращения вала отбора мощности (ВОМ). Двигатель прогревают до нормальной температуры, рычаг управления подачи топлива поворачивают до отказа, а ножку тахометра устанавливают в центровочное отверстие ВОМ. Фиксируют показания тахометра и, умножая его на 3,85 (пе-

редаточное отношение от коленчатого вала к ВОМ), получают частоту вращения коленчатого вала. Значение должно находиться в пределах 233...244 рад/с (2320...2430 об/мин). Частоту вращения коленчатого вала вхолостую регулируют винтом максимальной частоты вращения.

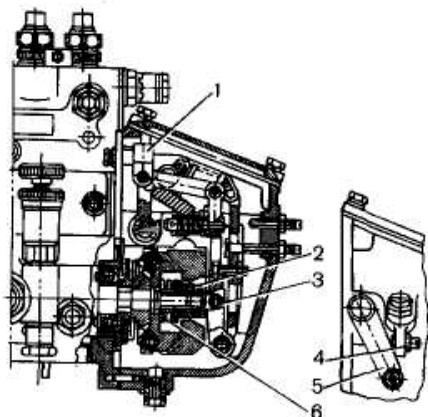


Рис. 14.1

Степень загрязненности воздухоочистителя определяют по разрежению во впускном воздушном тракте сигнализатором ОР-9928. Индикатор ставят на впускном трубопроводе, запускают двигатель, устанавливают номинальную частоту вращения коленчатого вала и нажимают на стержень. Красная полоса в смотровом окне корпуса свидетельствует о предельном загрязнении воздухоочистителя и необходимости его очистки и промывки. Зеленая полоса указывает только на работоспособность фильтра.

Одновременно проверяют герметичность впускного воздушного тракта и воздухоочистителя. Для этого закрывают заслонку, установленную на впускном воздушном патрубке. Если двигатель не остановится в течение 12...15 с, то это указывает на подсос воздуха через уплотнения. Места подсоса во впускном тракте и воздухоочистителе обнаруживают жидкостным индикатором – прибором КИ-4870-

ГОСНИТИ. К его корпусу подсоединен шланг с наконечником для поиска мест подсоса воздуха.

Места подсоса воздуха выявляют при работе двигателя на максимальном скоростном режиме. Перемещая наконечник шланга по местам уплотнений, наблюдают за состоянием уровня жидкости в приборе. Понижение уровня жидкости в трубке прибора свидетельствует о негерметичности системы.

Затрудненный пуск двигателя и работа его с перебоями и дымлением указывают на неисправность форсунок, плохое качество распыла или заедание иглы в корпусе распылителя.

Можно проверить форсунки на герметичность и давление впрыска, не снимая их с двигателя. Для этого используют приспособление КИ-9917-ГОСНИТИ. Принцип его работы заключается в том, чтобы создавать принудительную подачу топлива к проверяемой форсунке. Для этого отключают от форсунки топливопровод высокого давления, а вместо него подключают наконечник приспособления. Рычагом подкачивают топливо к форсунке со скоростью примерно 70...80 качков в минуту, по манометру приспособления фиксируют величину максимального давления срабатывания форсунки.

Давление впрыска топлива должно находиться в пределах 17,5...18 МПа (175...180 кгс/см²). Если давление не устанавливается регулировкой винта форсунки, то это указывает на заедание иглы в корпусе распылителя.

О качестве распыла судят по характерному щелчку, свидетельствующему о четкой посадке иглы в седло распылителя форсунки в момент окончания впрыска. Отсутствие четкой посадки иглы говорит о нарушении герметичности посадки игла–корпус распылителя. При обнаружении этих неисправностей форсунку снимают с двигателя и отправляют в ремонт.

Качество подаваемого топлива в цилиндры и работа форсунок взаимосвязаны с работой топливного насоса и, в первую очередь, с состоянием его плунжерных пар. Для их проверки используют приспособление КИ-4802-ГОСНИТИ.

Сначала проверяют износ плунжерной пары по давлению

нию, развиваемому ею при пусковых оборотах коленчатого вала. Для этого навинчивают накидную гайку топливопровода приспособления на штуцер высокого давления проверяемой секции насоса, включают подачу топлива и, прокручивая коленчатый вал пусковым устройством, наблюдают за положением стрелки манометра. Если давление, развиваемое плунжерной парой, находится в пределах нормы – 30 МПа (300 кгс/см²), то проверяют плотность прилегания нагнетательного клапана к седлу. Для этого, прекратив прокрутку коленчатого вала, наблюдают за перемещением стрелки манометра и измеряют время падения давления от 15 до 10 МПа (от 150 до 100 кгс/см²). Если это время окажется менее 10 с, то нагнетательный клапан заменяют. Если давление по манометру будет ниже 30 МПа (300 кгс/см²), то топливный насос снимают с двигателя и отправляют в ремонт.

При отсутствии прибора давление, развиваемое плунжерной парой при пусковых оборотах коленчатого вала, можно проверить с помощью контрольной форсунки, отрегулированной на давление 25 МПа (250 кгс/см²), присоединяемой по очереди к каждой секции насоса. Отсутствие впрыска указывает на низкое давление.

После установки нового или отремонтированного топливного насоса на двигатель контролируют и при необходимости регулируют угол начала впрыска топлива.

Работа двигателя с перебоями, без нагрузки, с выбросом из выхлопной трубы дыма серого цвета, а при возрастании нагрузки – дыма черного цвета свидетельствует о поздней подаче топлива в цилиндры.

«Жесткая» работа двигателя, сопровождаемая резкими стуками, а при увеличении нагрузки – возрастания выброса из выхлопной трубы дыма черного цвета указывают на слишком раннюю подачу топлива в цилиндры.

Момент начала подачи топлива плунжерной парой, по которому судят об угле начала впрыска топлива в цилиндры, является важным параметром, влияющим не только на мощностные и экономические показатели, но и на пусковые качества двигателя.

При длительной эксплуатации трактора момент начала подачи топлива по мере износа плунжерных пар может изменяться, поэтому время от времени, например при проведении ТО-3, его контролируют моментоскопом. Изменение момента подачи топлива при эксплуатации объясняется тем, что при изношенных плунжерных парах топливного насоса, если медленно прокручивать коленчатый вал двигателя, в момент полного перекрытия плунжером впускного отверстия втулки плунжера давление топлива в надплунжерном пространстве возрастает и, преодолев сопротивление пружины, нагнетательный клапан открывается. В этот момент уровень топлива (мениск) в стеклянной трубке моментоскопа начнет подниматься. Но из-за увеличенного зазора между плунжером и втулкой при медленном вращении коленчатого вала часть топлива будет просачиваться между ними, и нагнетательный клапан откроется позже, чем при новых плунжерных парах.

Затрудненный пуск двигателя, особенно при пониженных температурах, при исправных форсунках и системе топливоподачи низкого давления указывает на неудовлетворительную работу регулятора топливного насоса на режиме обогащения топливом при пуске.

При регулировке топливного насоса на специальном стенде задают пусковую частоту вращения кулачковому валу 9...11 рад/с (90...110 об/мин) и проверяют при этом цикловую подачу плунжерных пар. Она должна быть не менее 145 мм³ для каждой секции.

Работа двигателя с периодически изменяющейся частотой вращения коленчатого вала и увеличивающейся при повышении частоты вращения или нагрузке свидетельствует о местном износе деталей регулятора топливного насоса.

Эта неисправность обычно происходит после длительной эксплуатации топливного насоса. В результате вращения изнашиваются обоймы шарикового упорного подшипника, муфты регулятора. На обоймах появляются углубления (отпечатки) от шариков, в результате чего муфта получает осевое перемещение, которое воздействует на рейку топливного насоса. Кроме того, на торце самой муфты появляется углуб-

ление от ролика промежуточного рычага и западание ролика в углубление на торце втулки периодически изменяет частоту вращения коленчатого вала двигателя. В этих случаях насос снимают с двигателя и отправляют в ремонт для замены деталей его регулятора и последующей регулировки.

Влияние износа узлов на работу двигателя

Разборка. Агрегаты, подлежащие полному ремонту, разбирают в последовательности, определенной технологическими картами. В процессе разборки некоторые детали нельзя обезличивать, а сборочные единицы, которые хорошо поддаются промывке в сборе и дефектации по зазору в соединении, надо разбирать частично. Не допускается обезличивание корпусов насоса и регулятора, кулачкового и приводного валов, шестерен привода насоса и регулятора, установочного фланца с наружными кольцами шарикоподшипников и кулачкового вала с внутренними кольцами этих же подшипников, корпуса подкачивающего насоса, стержней толкателей и других деталей.

Топливный насос разбирают на специальном стенде СО-1606А.

Стенд состоит из основания, прикрепляемого болтами к верстаку, и подвижных сменных головок для закрепления и разборки различных насосов. Топливный насос сначала разбирают на сборочные единицы, а затем с помощью универсальных двух- или трехлапчатых и специальных съемников сборочные единицы, требующие ремонта, разбирают на детали.

Топливоподкачивающий насос и регулятор в сборе разбирают полностью только в том случае, если их основные детали и соединения требуют восстановления.

Очистка деталей. Крупные детали: корпуса топливного насоса, регулятора, фильтров грубой и тонкой очистки и другие очищают в общей моечной установке, если она имеется на предприятии, горячими растворами препаратов типа МС и др. Чтобы не раскомплектовать необходимые детали одного насоса, их метят, связывают проволокой или укладывают в отдельные корзины. В этих же моечных установках очищают новые крупные детали, то есть проводят расконсервацию.

Мелкие детали, прецизионные нераскомплектованные пары (распылители, нагнетательные клапаны, плунжерные пары) и подшипники очищают в ультразвуковых установках или в специальных ваннах керосином. Перед промывкой керосином прецизионные пары укладывают в ванну с ацетоном или неэтилированным бензином и выдерживают от 2 до 12 ч. Размягченный нагар в каналах деталей очищают специальными чистиками, изготовленными из меди, латуни или дерева. Во время мойки деталей и прецизионных пар в керосине нельзя пользоваться хлопчатобумажными тряпками (концами), так как волокна могут попасть в топливопроводные каналы. Труднодоступные места деталей промывают щетками и ершами. Прецизионные пары после очистки промывают дизельным топливом и укладывают в тару без их раскомплектовки.

Износ плунжерных пар и влияние износа на параметры.

Надежность топливной аппаратуры определяется прежде всего работой прецизионных деталей – плунжера и его втулки (гильзы), нагнетательного клапана и седла, корпуса и иглы распылителя и др.

Износ плунжерных пар оказывает влияние на изменение угла опережения впрыскивания топлива в цилиндры двигателя, мощность, удельный расход топлива и цикловую подачу топлива насосом на пусковых режимах.

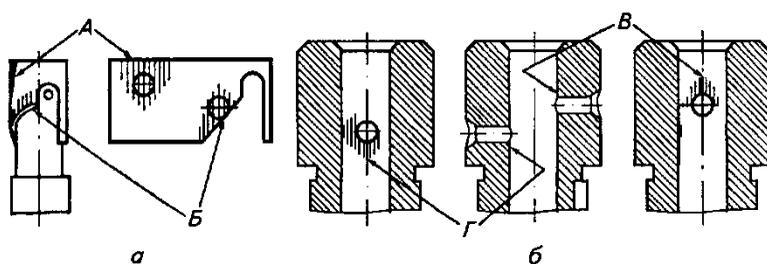


Рис. 14.2 Места изнашивания плунжера и втулки:
а – плунжер; *б* – втулка; *А* и *Б* – напротив впускного
 и отсечного окон; *В* и *Г* – у впускного и отсечного окон

Исследованиями установлено, что при увеличении диаметального зазора от 0,0005 до 0,014 мм при частоте 1700 об/мин коленчатого вала топливо впрыскивается в цилиндры двигателя на 3° позднее.

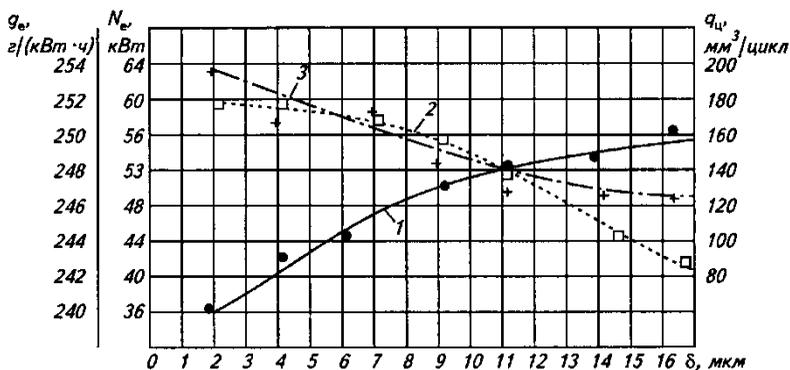


Рис. 14.3 Зависимость изменения мощности дизеля Д-245, удельного расхода топлива и цикловой подачи топлива от величины зазора в плунжерной паре топливного насоса 4УТНМ:

- 1 – удельный расход топлива; 2 – мощность;
3 – пусковая подача топлива

При изменении зазора в плунжерной паре с 2 до 14 мкм (предельное значение) мощность дизеля снижается с 62 до 48,8 кВт, т.е. на 21,3 %, удельный расход топлива увеличивается с 240,4 до 248,8 г/(кВт·ч) (на 3,4 %), пусковая подача уменьшается со 182 до 110 мм³/цикл (на 40 %).

Дефектация плунжерных пар

Износ деталей прецизионных пар исчисляются в микрометрах. В ремонтных мастерских его оценивают относительным способом — потерей гидравлической плотности, т.е. временем падения давления жидкости под определенным давлением через соединения.

Гидравлическую плотность плунжерных пар проверяют на приборе КИ-759 (КП-1640А) или КИ-3369. В качестве

жидкости применяют смесь дизельного топлива и веретенного масла вязкостью 9,9...10,9 мм²/с при температуре 20°С, Можно использовать смесь топлива с моторным маслом. Прибором КИ-3369 измеряют активный ход плунжера. Плунжерная пара считается годной, если время полного падения давления топлива составляет не менее 3 с. В новой или восстановленной паре оно находится в пределах 45...90 с на смеси и 30...60 с на дизельном топливе.

Дефектация нагнетательных клапанов

Нагнетательный клапан изнашивается по разгрузочному пояску 1 клапана 2, направляющей поверхности 4 и конусной поверхности 3, а седло также изнашивается по внутренней цилиндрической и конусной поверхностям. На конусе клапана и конусной фаске седла 5 образуется кольцевая канавка. Недостаточная плотность конусных поверхностей деталей клапана вызывает нарушение закономерности процесса впрыска.

Гидравлическую плотность нагнетательных клапанов проверяют на приборе КИ-1086 по разгрузочному пояску и запорному конусу. Клапан считается годным, если плотность составляет по запорному конусу не менее 30 с при падении давления в гидросистеме прибора от 0,8 до 0,7 МПа, а по разгрузочному пояску – не менее 2 с – от 0,2 до 0,1 МПа.

Износ распылителей форсунок

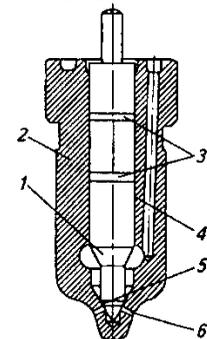


Рис. 14.4 Распылитель форсунки:

1 – игла; 2 – корпус; 3 – кольцевые канавки; 4 и 5 – направляющая и конусная поверхности; 6 – сопловое отверстие

В процессе работы форсунки изнашиваются направляющие поверхности 4 иглы 1 и корпуса 2 распылителя форсунки, а также их уплотнительные конусные поверхности 5. Сопловые (распыливающие) отверстия 6 загрязняются, закоксовываются, а их кромки изнашиваются.

Вследствие износа направляющей цилиндрической поверхности иглы и отверстия корпуса уменьшается плотность пары и увеличивается утечка топлива в дренажное отверстие корпуса форсунки. На поверхностях уплотнительного конуса иглы и фаски корпуса образуются кольцевые канавки. Такой износ деталей вызывает подтекание и плохое распыливание топлива.

Кромки сопловых отверстий изнашиваются неравномерно и поэтому получают неправильную геометрическую форму. С увеличением диаметра сопловых отверстий возрастает объем впрыснутого топлива. Гидравлическую плотность распылителей проверяют на одном из приборов: КП-1609А (КИ-562), КИ-3333, КИ-1706, КИ-2203М или КИ-15703. Износ соединения направляющая цилиндрическая часть иглы — отверстие в корпусе оценивают по времени падения давления в гидросистеме стенда при затяжке пружины форсунки до давления начала подъема иглы на 3 МПа более номинального.

У штифтовых и бесштифтовых распылителей с диаметром корпуса менее 17 мм время падения давления с 20 до 18 МПа должно быть не ниже 5 с, у бесштифтовых распылителей с диаметром корпуса более 17 мм — не менее 15 с (с 35 до 30 МПа). На носике или торце корпуса распылителей не должно быть подтекания топлива в течение 20 с.

Ремонт прецизионных деталей

Селективная подборка. Ремонт прецизионных деталей селективной подборкой проводят следующим образом. Их раскомплектовывают, очищают от нагара и отложений и обрабатывают до выведения следов износа.

Способ	Недостатки
Селективная подборка (без увеличения начальных размеров деталей)	Восстановлению подлежат 20% деталей, поступивших в ремонт
Гальваническое хромирование	Низкая адгезия покрытия с основой. Способ трудоемкий и дорогой, экологически нечистый
Изготовление ремонтной детали	Метод дорогой. Большое число деталей идет в утиль. Значительный расход запасных частей
Гальваническое никелирование	Плохая адгезия покрытия с основой и низкая износостойкость
Повторная цементация с последующей закалкой и механической обработкой	Восстановлению подлежат 15% деталей, поступающих в ремфонд
Повторное азотирование	Ремонтируют 25% деталей ремфонда. Способ трудоемкий и дорогой
Обработка холодом	Восстанавливают 5% деталей, поступающих в ремфонд
Восстановление деталей (втулок) горячим пластическим деформированием	Большая трудоемкость механической и термической обработки. Способ дорогой

Втулки плунжеров, корпуса распылителей и седла клапанов обрабатывают на вертикально-доводочных станках притирами с использованием доводочных паст различной зернистости. Обработку плунжеров, игл распылителей и клапанов проводят чугунами притирами на плоскодоводочных станках или доводочных бабках с применением специальных паст.

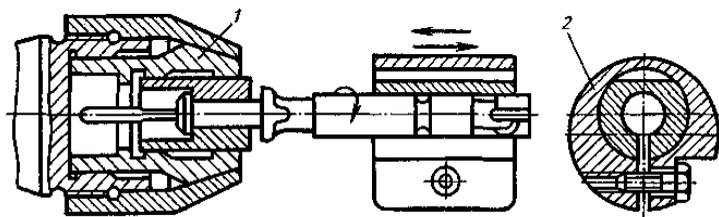


Рис. 14.5 Схема притирки плунжера:
1 – шпindelь станка; 2 – зажимное приспособление

Плунжер устанавливают в цанговый патрон шпинделя бабки и втулку закрепляют в оправке. На плунжер наносят пасту НЗТА МЗ и тонкую пасту ГОИ и притирают прецизи-

онную пару до тех пор, пока одна деталь полностью не войдет в другую. Затем пару тщательно промывают в чистом дизельном топливе и доводят ручной притиркой с помощью полировочной пасты НЗТА М1. В хорошо промытой и притертой паре плунжер должен свободно опускаться под действием собственной массы в любом положении на всю длину хода.

Гальваническое хромирование. Ремонт прецизионных пар гальваническим хромированием сводится к следующему. Плунжерные пары раскомплектовывают, детали очищают от грязи и отложений. Отверстие во втулке обрабатывают до выведения следов износа на вертикально-доводочном станке с помощью специально самоустанавливающегося приспособления и чугунных разжимных притиров.

В процессе обработки важно обеспечить постоянство зазора между притиром и обрабатываемой поверхностью. Поэтому его насаживают на коническую оправку. Для черновой доводки используют пасту М28, для чистовой — пасты М3 и М5. Обрабатывают отверстия с обеих сторон втулки, поворачивая ее на 180° , что увеличивает точность геометрической формы. Притир должен выходить за пределы детали в крайних положениях на $1/4$ его длины. Частота вращения притира $200 \dots 250 \text{ мин}^{-1}$ и число двойных ходов $35 \dots 40$ в 1 мин.

По окончании обработки втулки тщательно промывают в бензине и обдувают сжатым воздухом. Овальность, конусность, кривизна и бочкообразность отверстия после чистовой доводки допускаются не более $0,001 \text{ мм}$, шероховатость поверхности — не ниже $R_a = 0,08 \text{ мкм}$.

Размеры отверстия контролируют пневматическими калибрами. Обработанные втулки сортируют по группам с интервалом $0,001 \text{ мм}$ и укладывают в специальную тару. Уплотнительный торец втулки притирают на плоскодоводочных станках пастой М3.

Отверстия не восстанавливают до начальных размеров. Зазор компенсируют за счет увеличения размеров плунжера гальваническим хромированием, перед которым его шлифуют на бесцентрово-шлифовальном станке до выведения следов износа. Затем притирают плунжер на плоскодоводочном

станке для придания необходимой геометрической формы и шероховатости поверхности. Во избежание образования дендритов притупляют острую кромку его торца шлифовальным кругом.

Далее детали поступают в гальваническое отделение, где их хромируют. Отхромированные плунжеры подвергают многостадийной механической обработке. Черновую обработку проводят на бесцентрово-шлифовальных станках, а чистовую — на круглошлифовальных станках 14Ш-173. Затем детали доводят сначала на плоскодоводочном станке чугунными притирами с использованием паст М28 и М10, а затем притирают на доводочной бабке с применением пасты КТ 3/2. В результате этого достигаются требуемая точность деталей (овальность, конусность не более 1 мкм) и шероховатость поверхности ($R_a = 0,08$ мкм). Восстановленные плунжеры сортируют на размерные группы через 1 мкм.

Окончательно плунжерную пару обрабатывают совместной доводкой деталей после их подборки. К каждой втулке подбирают плунжер, диаметр которого меньше на 1 мкм диаметра отверстия.

Совместную обработку проводят на доводочной бабке пастой М1. Затем контролируют гидравлическую плотность плунжерных пар, которая должна быть не менее 15 с. Если она ниже 15 с, то их раскомплектовывают и отправляют на повторную сборку. Годные плунжерные пары сортируют по группам плотности, маркируют и отправляют на консервацию.

После каждой доводочной операции многостадийной обработки детали тщательно промывают в бензине. По аналогичной технологии восстанавливают распылители форсунок и клапанные пары.

Изготовление ремонтной детали. Восстановление прецизионных пар за счет гальванического хромирования одной из деталей характеризуется рядом недостатков. Поэтому на заводах-изготовителях плунжерные пары ремонтируют постановкой нового плунжера увеличенного размера.

Изношенную втулку хонингуют до выведения следов износа, затем азотируют (втулки насоса распределительного

типа) и доводят. Затем втулки сортируют на 40 размерных групп. Плунжеры увеличенного ремонтного размера подбирают к втулкам и проводят совместную доводку деталей. Это позволяет получить 100 %-й ресурс прецизионных пар, но и приводит к значительному расходу запасных частей, дефицитного материала и увеличению производственных мощностей завода-изготовителя за счет установки дополнительного технологического оборудования.

Диффузионная металлизация. При диффузионной металлизации одновременно с упрочнением поверхностных слоев металла увеличиваются (для втулок уменьшаются) начальные размеры деталей. Благодаря этому способу восстанавливают детали с небольшим износом (до 0,1...0,2 мм).

Плунжерные пары, поступающие в ремонт, раскомплектовывают, очищают от грязи и дефектуют. Детали с ржавчиной и местным износом (20...30 мкм) выбраковывают. Если износ не превышает 15 мкм, то их не подвергают предварительной механической обработке, остальные шлифуют (доводят) до выведения следов износа.

Металлизацию проводят в вакуумных печах СЭВ-5,5/13И2, СНВЗ.6.3/13И1 при температуре 1150...1200°С в течение 5...6 ч.

В результате диффузионного насыщения линейные размеры деталей изменяются на 70...80 мкм. На поверхности образуются покрытия микротвердостью 16 000...18 000 МПа, основной структурной составляющей которых служат карбиды хрома.

Ремонт топливного насоса

В процессе эксплуатации в подвижных соединениях насоса увеличиваются зазоры, в неподвижных нарушается прочность соединения, возникают деформация деталей и другие неисправности, в результате которых нарушается нормальная работа механизмов.

Корпуса насоса и регулятора, изготовленные из серого чугуна или алюминиевого сплава, имеют следующие основные дефекты: трещины, изломы, износ гнезд под толкатели, износ гладких и резьбовых отверстий.

Корпус насоса выбраковывают при изломах, трещинах и трещинах во внутренних перемычках или отколах стенок направляющих пазов под оси роликов толкателей.

Трещины в чугунных корпусах заваривают электро-сваркой биметаллическими электродами или заделывают эпоксидным составом, а в алюминиевых — газовой сваркой с применением прутков такого же алюминиевого сплава.

Изломы и трещины устраняют наложением заплат.

После восстановления проверяют коробление привалочных плоскостей и герметичность заварки. Коробление плоскостей более 0,05 мм устраняют шлифованием. При испытании наложенных швов керосином в течение 5 мин не должны появляться пятна керосина.

Изношенные пазы под толкатели и гладкие отверстия восстанавливают постановкой втулок. Плоскость восстановленных пазов должна быть перпендикулярна плоскости корпуса под головку с точностью до 0,1 мм на длине 100 мм и иметь конусность не более 0,02 мм.

Изношенную резьбу в отверстиях восстанавливают постановкой пружинных вставок или нарезанием резьбы увеличенного размера.

Кулачковый вал, изготавливаемый из стали 45 с закаленными поверхностями кулачков, эксцентрика и опорных шеек (нагревом Т. В. Ч. до твердости HRC 52...63), имеет следующие дефекты: износ поверхности кулачков, эксцентрика, посадочных мест под подшипники и сальники, шпоночной канавки и резьбы.

Выбраковывают кулачковый вал при трещинах, изломах и аварийном изгибе.

Незначительно изношенные кулачки шлифуют до восстановления профиля, но на глубину не более 0,5 мм. Кулачки с большим износом, эксцентрик, посадочные поверхности, а также изношенную резьбу восстанавливают наращиванием металла, такими же способами и материалами, как при восстановлении распределительных валов двигателей, и затем обрабатывают под номинальные размеры.

Изношенную шпоночную канавку фрезеруют под уве-

личный размер, а при износе не более 0,2 мм зачищают стенки до выведения следов изнашивания. В обоих случаях ставят ступенчатую шпонку. Смещение продольной оси шпоночной канавки относительно диаметральной плоскости конуса допускается не более 0,1 мм, а относительно оси симметрии третьего кулачка – не более 0,15 мм.

Толкатель изнашивается по наружному диаметру, изнашивается также торец болта, ослабляется посадка оси ролика в ушке толкателя, повреждается или ослабляется резьбовое соединение регулировочного болта.

Наружную поверхность толкателя хромируют и обрабатывают под номинальный или ремонтный размер. Отверстие под ось ролика развертывают под увеличенный размер оси. Изношенную или поврежденную резьбу в корпусе толкателя восстанавливают под увеличенный размер, изготавливают новый регулировочный болт.

Большинство деталей регулятора, изготовленных из сталей разных марок, в процессе эксплуатации приобретает следующие дефекты: износ подвижных сочленений осей, отверстий под оси и втулки, износ втулок, шпоночных и резьбовых соединений, посадочных мест под подшипники и сальники, изгиб деталей. Особенность деталей регулятора – их небольшие размеры.

Изношенные гладкие отверстия развертывают под увеличенный размер осей и пальцев, а если позволяет конструкция детали, их наплавляют и сверлят отверстия номинального размера или восстанавливают постановкой втулки. Изношенные пальцы и оси заменяют новыми или изготавливают увеличенного (по диаметру) размера. Изношенные втулки заменяют новыми, развертывают под увеличенный ремонтный размер или осаживают. Например, ослабленные втулки в грузах регулятора или с износом по отверстию под ось осаживают непосредственно в грузах. Между ушками груза устанавливают вспомогательную стальную втулку, пропускают через все втулки ось грузов и под прессом осаживают обе втулки одновременно, затем их развертывают под необходимый размер.

Изношенную резьбу восстанавливают нарезанием резьбы увеличенного или уменьшенного размера. Если позволяет конструкция детали, внутреннюю резьбу заваривают или обжимают и нарезают резьбу нормального размера. Изношенные канавки фрезеруют на ремонтный размер.

Посадочные места валиков под подшипники, сальники и втулки восстанавливают хромированием или железнением с последующим шлифованием под номинальный размер.

Погнутые детали правят на плите, в тисках или на призмах под прессом.

Ремонт топливоподкачивающих насосов

Основные дефекты насосов поршневого типа: износ поршня и отверстия под поршень в корпусе, износ клапанов и их гнезд, стержня толкателя и его направляющего отверстия в корпусе, излом и потеря упругости пружин, срыв резьбы под пробку клапана ручного насоса и под болты поворотных угольников, трещины и облом фланца корпуса.

Изношенный поршень восстанавливают хромированием с последующим шлифованием под ремонтный размер. Отверстие в корпусе растачивают по поршню с обеспечением зазора между ними в пределах 0,015...0,038 мм. Допускаемая овальность и конусность отверстия составляет не более 0,005 мм.

Текстолитовые нагнетательные клапаны заменяют новыми или притирают изношенные поверхности на чугунной плите пастой ГОИ или АП14В до выведения следов изнашивания.

Поврежденные или изношенные гнезда клапанов фрезеруют специальной фрезой до получения необходимой чистоты и притирают чугунным притиром. Сильно изношенные гнезда клапанов восстанавливают постановкой сменного гнезда. Такое гнездо изготавливают из пальца гусеницы, устанавливают на резьбе в рассверленное отверстие и сверлят необходимые топливные каналы.

Изношенный шариковый клапан поршня ручной подкачки заменяют новым. Шарик легкими ударами молотка пристукивают к гнезду медной или латунной наставкой.

Изношенный стержень толкателя заменяют новым увеличенного размера и притирают по отверстию корпуса.

Сломанные пружины заменяют новыми, а потерявшие упругость – восстанавливают или также заменяют новыми.

Резьбу под пробку клапана восстанавливают нарезанием резьбы ремонтного размера, а при повреждении резьбы под болты поворотных угольников или штуцеров устанавливают в корпусе насоса переходные штуцеры.

Ремонт шестеренных топливоподкачивающих насосов

Основные дефекты шестеренных насосов: износ зубьев по толщине и длине, крышки корпуса и корпуса насоса в местах прилегания торцов шестерен, втулки ведущего валика, оси и отверстия ведомой шестерни, резьбовых отверстий в корпусе.

Шестерни с изношенными по длине зубьями восстанавливают припаиванием к торцу (твердым припоем) диска из малоуглеродистой стали. Припаянный диск прорезают и обрабатывают по профилю зуба.

Шестерни с износом зубьев по толщине до размеров, выходящих за пределы допускаемых, заменяют новыми.

Плоскости плиты и крышки шлифуют или опиляют и пришабривают до выведения следов изнашивания. Проверяют их по контрольной плите.

Сборка шестеренных насосов. Шестеренный насос начинают собирать с установки корпуса шестерен на корпус насоса. Перекос корпуса шестерен на штифтах не допускается. Затем устанавливают валик в сборе с ведущей шестерней, ведомую шестерню и плиту корпуса насоса. Прижимные кольца устанавливают так, чтобы их конусные выточки были обращены к прокладке. Напрессовывают спиральную шестерню до упора в заплечики и устанавливают редукционный клапан, если его снимали. Ведущий валик должен проворачиваться от руки без заеданий и торможений.

Обкатка топливных насосов после ремонта

Топливные насосы после восстановления деталей и замены некоторых из них запасными собирают в соответствии с заводской инструкцией и технологическими картами на сборку.

Стенды КИ-22204, КИ-15711, КИ-6397 и КИ-6251 предназначены для обкатки, испытания и регулировки топливной

аппаратуры всех отечественных дизелей с числом цилиндров до 12 на ремонтных предприятиях и станциях технического обслуживания тракторов и автомобилей.

Топливный насос высокого давления обкатывают при замене одной из основных деталей (регулятора, плунжерной пары, подкачивающего насоса и нагнетательных клапанов) сначала без форсунок на смеси дизельного топлива с маслом, а затем на дизельном топливе совместно со стендовыми форсунками. При этом частота вращения кулачкового вала насоса должна быть номинальной и должен быть открыт продувочный вентиль трубопровода. Струя топлива, выходящая из отверстия продувочного вентиля, должна быть без пузырьков и помутнений. После закрытия вентиля давление в головке насоса 0,07...0,12 МПа при нормальной работе перепускного клапана.

В таком положении насос следует обкатывать в течение 15 мин. Затем присоединяют стендовые форсунки с распылителями, отрегулированными на давление начала впрыскивания $13^{+0,5}$ МПа, и обкатывают насос в течение 300 мин при полной подаче топлива и номинальной частоте вращения кулачкового вала. Не допускаются заедания, стуки в соединениях насоса и регулятора, подтекание или просачивание топлива и масла в местах уплотнений, местный нагрев поверхностей деталей до температуры свыше 70...80°C и попадание воздуха в головку насоса. После обкатки сливают отработанное масло, заливают свежее и регулируют насос в соответствии с заводской инструкцией.

Ремонт форсунки

Основные дефекты форсунок (кроме распылителей): износ торца корпуса форсунки в месте прилегания корпуса распылителя, излом или потеря упругости пружин, повреждение или срыв резьбы.

Мелкие задиры, риски и износ на торце корпуса форсунки устраняют притиркой торцевой поверхности на чугуновой плите. Поврежденную резьбу исправляют метчиком или плашкой.

В бесштифтовых многосопловых форсунках проверяют

степень намагниченности штанги: штанга должна удерживать (по массе) другую такую же, при необходимости штангу намагничивают.

Корпус форсунки, гайку пружины и регулировочный винт с трещинами или срывами резьбы более двух ниток в любом месте не восстанавливают, а заменяют новыми.

Форсунку собирают в тисках или на стенде АР-5227 в такой последовательности. Корпус форсунки зажимают в приспособлении, устанавливают штангу, пружину и навертывают гайку с регулировочным винтом. Навертывают контргайку шлифованным торцом к гайке пружины, ставят уплотнительную прокладку и завертывают колпак. Повертывают форсунку колпаком вниз, устанавливают распылитель в сборе на торец корпуса форсунки и закрепляют его гайкой с определенным усилием. Для форсунок типа ФШ и форсунок двигателей Д-108, Д-130 усилие затяжки составляет 100...120 Н·м, а для форсунок двигателей ЯМЗ 80 Н·м и для двигателей СМД-60, СМД-62, А-01М, А-41М, Д-240 – 100...110 Н·м.

Перед установкой распылитель промывают в чистом дизельном топливе. Игла, выдвинутая на 1/3 своей длины, при наклоне 45° должна свободно опускаться в корпус распылителя под действием собственной массы. Установка распылителя с зависанием иглы не допускается.

Собранные форсунки проверяют на герметичность, качество распыла и регулируют давление впрыска на приборе КИ-3333А или на стенде КИ-1404. Обкатывают их и подбирают в комплекты по пропускной способности на стенде КИ-921М или специальном стенде КИ-1766. Подтекание топлива в местах крепления форсунки к прибору или стендам не допускается.

Топливо, распыливаемое отрегулированной форсункой, должно быть туманообразным – в виде мельчайших капелек, без заметных вылетающих струй и местных сгущений, а конус распыла по размеру и направлению должен соответствовать техническим условиям. При выходе топлива из отверстия распылителя на торце распылителя не должно оставаться стекающих капелек.

Испытанную форсунку устанавливают на стенд и обкатывают в течение 10...15 мин при включенной и зафиксированной подаче топлива и номинальной частоте вращения вала насоса. Затем каждую форсунку проверяют на пропускную способность на одном и том же насосном элементе и одним и тем же топливопроводом. Во время проверки устанавливают соответствующее число циклов на счетном устройстве стенда и замеряют количество топлива, прошедшее сквозь форсунку. Например, для штифтовых форсунок топливных насосов типов ТН-9×10 и УТН-5 одна секция через топливопровод высокого давления длиной 670 мм должна подать 65 ± 2 см³/мин топлива за 650 ходов плунжера.

Форсунки по пропускной способности комплектуют в группы. Пропускная способность форсунок, входящих в один комплект, не должна отличаться более чем на 5%.

Лекция 15

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Основные неисправности агрегатов электрооборудования и системы зажигания и способы их обнаружения.
2. Текущий ремонт и испытание генераторов.
3. Текущий ремонт и испытание стартеров.
4. Ремонт приборов системы зажигания.

Основные неисправности агрегатов электрооборудования и системы зажигания и способы их обнаружения

По назначению и характеру работ ремонт систем электрооборудования подразделяют на текущий (ТР), средний (СР) и капитальный (КР).

ТР предназначен для устранения отказов и неисправностей изделий и систем, а также обеспечения нормативов ресурса ремонтируемых изделий до капитального ремонта. Для ТР характерны разборочные, сборочные, слесарные, дефектовочные и окрасочные технологические операции, замена деталей и комплектующих. ТР должен обеспечивать безотказную работу отремонтированных изделий или систем по меньшей мере до очередного ТО-2 машины. Регламентируемые показатели ТР — удельная трудоемкость, суммарные удельные простои транспорта, связанные с ТР изделия, и т. д.

СР проводят при эксплуатации автотранспорта в тяжелых дорожных условиях с периодичностью более одного года.

КР предназначен для регламентированного восстановления отказавших изделий и систем, обеспечения их ресурса до следующего КР или повышения ресурса до такого же уровня, как у новых изделий. КР предусматривает полную разборку изделия, дефектацию, восстановление или замену отказавшей детали с последующей сборкой, регулировкой и испытанием. После ремонта основных деталей, определяющих функциональные свойства изделия, оно не должно уступать по качеству новому. При КР восстанавливают до уровня, характерного для новых изделий, зазоры, взаимное располо-

жение деталей, микро- и макрогеометрию рабочих поверхностей, структуру и твердость металла, форму и внешний вид составных частей изделия.

Все дефекты электрооборудования можно разделить на **механические и электрические.**

К механическим дефектам генераторных установок относят:

зависание щеток и износ контактных колец;

выработку посадочных мест подшипником со стороны контактных колец в случае отсутствия пластмассовых стаканчиков или гофрированных стальных пружин, препятствующих образованию этого дефекта;

заедание ротора генератора и износ шеек вала.

Электрические дефекты генераторной установки — это обрыв обмотки возбуждения, короткое замыкание обмотки статора, отказ регулятора напряжения, пробой изоляции или диода.

Для выявления таких дефектов на рабочем месте необходимо иметь съемники, механические или электрические отвертки, гаечные ключи, мерительный инструмент, тестер, приборы типов Э-214 и Э-236.

К механическим дефектам электростартеров и электродвигателей относят:

саморазбор привода, поломку пружины и зубьев шестерни привода и редуктора;

износ и зависание щеток, износ коллектора якоря и вкладышей подшипников, поломку щеткодержателя;

разнос якоря, поломку и заедание тягового реле.

Электрические дефекты стартера и электродвигателей — короткое замыкание обмотки возбуждения, пробой изоляции обмоток якоря и тягового реле.

Для исследования таких дефектов рабочее место должно быть обеспечено приборами типов Э-214 и Э-236, омметром, вольтметром, амперметром и приспособлениями для разборки стартера.

К механическим дефектам аккумуляторных батарей относят повреждения моноблока, обрыв перемычек и разруше-

ние активной массы электродов, а к электрическим — короткое замыкание разноименных электродов в аккумуляторе, сульфатацию электродов, быстрый саморазряд батареи и разрушение электродов в результате перезаряда.

При ремонте АКБ на рабочем месте должны находиться приборы типов Э-107 и Э-108, комплект аккумуляторщика типа Э-412, зарядные устройства, механический и электрический инструмент для разборки АКБ, расплавки перемычек и т.д.

Механические дефекты аппаратов зажигания — износ подушечки и кулачков механизма прерывания в классической системе зажигания, пластины центробежного регулятора, контактов прерывателя, металлокерамического вкладыша подшипника, опорного подшипника пластины вакуумного регулятора и разгерметизация вакуумного автомата опережения зажигания.

К электрическим дефектам аппаратов зажигания относят пробой конденсатора, обмотки катушки зажигания, выходного транзистора, микросхемы транзисторного коммутатора или микросхемы датчика Холла, а также пробой и сгорание помехоподавляющего резистора в роторе.

Для анализа этих дефектов на рабочем месте необходимо иметь стенд типа СПЗ-16, тестер, игольчатые разрядники, инструмент для разборки датчика-распределителя и съемники подшипников. При выявлении дефектов электронных систем управления двигателем, для которых характерны отказы микросхем датчиков, обрывы в цепях и сбои в алгоритме контроллера, можно использовать рабочее место с аналогичным оборудованием, добавив лишь автосканер или мотор-тестер.

Текущий ремонт и испытание генераторов

На современных машинах устанавливают трехфазные синхронные генераторы переменного тока (Г-250, Г-273А, Г-258, Г-304, Г-305 и т.д.) с независимым электромагнитным возбуждением и встроенным в крышку со стороны контактных колец кремниевым выпрямителем.

При ремонте генераторов неисправные и поврежденные детали заменяют новыми.

Основные дефекты ротора генератора — задиры и износ корпуса ротора, износ шейки подшипника со стороны контактных колец, обрыв провода у контактных колец, пробой на «массу», межвитковое замыкание, обрыв и обгорание изоляции, износ шейки вала со стороны привода, износ паза под шпонку шкива, износ контактных колец.

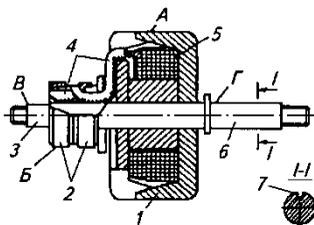


Рис. 15.1 Места основных дефектов ротора генератора Г-250-А1:
 1 — корпус ротора; 2 — контактные кольца; 3 — шейка вала под подшипник со стороны контактных колец; 4 — провода контактных колец; 5 — изоляция; 6 — шейка вала со стороны привода; 7 — шпоночный паз

Задиры и износы корпуса устраняют слесарной обработкой до удаления дефекта. При диаметре менее 90 мм ротор бракуют. Износ шейки под подшипник со стороны контактных колец до диаметра менее 14,97 мм устраняют железнением с последующим шлифованием под размер рабочего чертежа.

Обрыв соединительных проводов у контактных колец устраняют пайкой.

Замыкание обмотки возбуждения на ротор проверяют аналогично статору: одним щупом касаются ротора (вала), а другим — поочередно контактных колец генераторов 1-243, Г-250-А1. Если в течение 1...2 мин лампа не зажигается, то изоляция обмотки в норме. Зажигание лампы указывает на замыкание обмотки на ротор.

Износ шейки со стороны привода до диаметра менее 16,97 мм устраняют железнением с последующим шлифованием под чертежный размер рабочего чертежа.

Межвитковое замыкание и замыкание на «массу», а также обрыв и обгорание изоляции устраняют заменой катушки.

Износ шпоночного паза до размера более 4,03 мм устраняют фрезерованием нового паза с размерами по рабочему чертежу под углом 180° к изношенному.

Незначительно изношенные контактные кольца и щетки зачищают шкуркой и притирают друг к другу. При значительном неравномерном износе колец их обтачивают на токарном станке до выведения следов износа. Уменьшать диаметр контактных колец более чем на 1 мм нельзя (т. е. диаметр должен быть не менее 30,1 мм).

Биение поверхностей *A* и *B* (см. рис.) относительно поверхностей *B* и *Г* более 0,1 мм устраняют правкой вала после выпрессовки из контактных колец и втулки обмотки возбуждения.

Нарушение контакта в щеточном узле устраняют заменой щеток при условии, если их размер отличается от допустимого.

Для проверки упругости пружин щетку прижимают к чашке весов таким образом, чтобы она выступала из щеткодержателя на 2 мм.

Показание весов сравнивают с табличными данными (1,8...2,6 Н для генераторов Г-250-А1, Г-273, Г-305 и т.п.).

Типичные неисправности выпрямительного блока — пробой диодов и нарушение контакта в переходах. При проверке диод подключают в прямом и обратном направлениях к источнику тока напряжением 12...15 В (аккумуляторная батарея) через последовательно включенную лампу мощностью не более 15 Вт. Если лампа горит при включении диодов в прямом направлении (прямое направление тока указывается на корпусе диода) и не горит при включении диодов в обратном направлении, то диод исправен. Если имеются пробой, то лампа горит при включении диодов в обоих направлениях. В случае нарушения контакта в переходах лампа не горит ни в одном из включений диодов.

Диоды проверяют при отсоединенной обмотке статора. Поврежденный диод заменяют новым.

Генератор собирают из деталей (новых или восстановленных) в порядке, обратном разборке.

После сборки генератор «обкатывают» в течение 10...15 мин и испытывают без нагрузки, с номинальной нагрузкой и при максимальной частоте вращения ротора без нагрузки. Испытания проводят при отключенном реле-регуляторе на стенде КИ-968 при температуре 15...20 °С. Обмотки возбуждения подключают к аккумуляторной батарее напряжением 12 В. Нагрузку генератора регулируют реостатом стенда.

Текущий ремонт и испытание стартеров

Неисправности стартеров похожи на неисправности генераторов переменного тока. Состояние стартеров и устранение неисправностей обеспечивают теми же способами, что и для генераторов.

Корпус стартера СТ-130 в сборе может иметь следующие основные дефекты: заусенцы и забоины на поверхностях прилегания к крышкам корпуса; повреждение прорезей под отвертку у винтов крепления полюсов; повреждение изоляции контактного болта и его резьбы, облом выводного контакта; замыкание катушек на корпус и межвитковое замыкание; задиры поверхностей полюсов и нарушение межполюсного расстояния (допустимый размер 79,3 мм); износ щеток (допустимое значение 10 мм); нарушение пайки или облом соединительных шин.

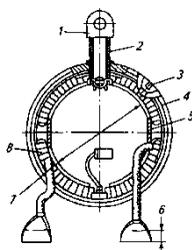


Рис. 15.2 Места основных дефектов корпуса стартера СТ-130 в сборе:

1 — выводной контакт; 2 — контактный болт; 3 — винт крепления полюса; 4 — корпус; 5 — соединительная шина; 6 — щетка; 7 — межполюсное расстояние; 8 — катушка

Заусенцы и забоины на поверхности прилегания крышек устраняют зачисткой соответствующим надфилем. Повреждения прорезей у винтов требуют их замены. Поврежденную изоляцию и обломанные зажимы выводного контакта заменяют новыми.

Задиры на поверхностях полюсов устраняют припиловкой до удаления дефекта с обязательной подтяжкой полюсных винтов.

Повреждение пайки или облом соединительных шин устраняют сваркой их встык или пайкой припоем ПОССу-61 с последующей изоляцией на длине не менее 30 мм. Концы ленты должны быть закреплены в петлю.

Основные дефекты якоря стартера СТ-130 следующие: износ и задиры якоря; износ или обгорание коллектора; биение коллектора; износ шейки вала со стороны коллектора; нарушение соединения (пайки) секций и коллектора; нарушение прочности изоляции и падение ее сопротивления; износ шейки под промежуточный подшипник; износ шейки вала; износ шейки вала со стороны привода; износ ленточной нарезки; износ ленточной нарезки по диаметру; погнутость вала.

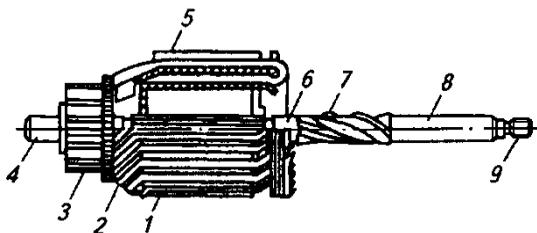


Рис. 15.3 Места основных дефектов якоря стартера СТ-130 в сборе:

- 1 — якорь; 2 — соединение (пайка) секций и коллектора;
- 3 — коллектор; 4 — шейка вала якоря со стороны коллектора;
- 5 — изоляция; 6 — шейка вала якоря под промежуточный подшипник; 7 — винтовые шлицы; 8 — вал якоря;
- 9 — шейка вала якоря со стороны привода

Износ и задиры на поверхности железа якоря устраняют зачисткой до исчезновения дефекта. При диаметре менее 76,7 мм якорь бракуют.

При незначительном износе рабочей поверхности коллектора ее отшлифовывают тонкой шкуркой на токарном станке, затем пазы между пластинами очищают и протирают тряпкой, смоченной бензином. Значительные нарушения геометрической формы рабочей поверхности исправляют обтачиванием до выведения следов износа с последующим шлифованием и углублением изоляции между пластинами специальной ножовкой на глубину 0,5...0,8 мм. При диаметре менее 37,5 мм коллектор заменяют.

При погнутости вала более 0,30 мм его выпрессовывают из якоря и правят. Изношенные шейки вала с диаметрами со стороны коллектора менее 16,1; 13,-9 мм под вкладыш шестерни привода и 12,4 мм со стороны привода, а также 18,87 мм под промежуточный подшипник ремонтируют железнением с последующим шлифованием под чертежный размер.

При износе ленточной нарезки больше допустимых значений по толщине (менее 3,5 мм) и наружному диаметру (менее 18,65 мм) якорь бракуют.

Наружные повреждения в обмотках (повреждение изоляции, отпайка концов секции от пластин коллектора, наружные обрывы и т. п.) устраняют заменой наружной изоляции и пайкой. Внутренние повреждения (межвитковое замыкание, замыкание на «массу» и внутренние обрывы) устраняют перемоткой обмоток.

Деформацию лобовой части обмотки устраняют правкой.

Межвитковое замыкание или обрыв в обмотках якоря определяют с помощью прибора Э-202. Якорь укладывают на призмы сердечника прибора и наводят ЭДС в секции обмотки переменным по значению и направлению магнитным потоком, создаваемым первичной обмоткой трансформатора прибора. При наличии межвиткового замыкания (обрыва) в проверяемой секции стрелка миллиамперметра, подключенного с помощью щупов к соседним пластинам (ламелям) коллектора, не отклоняется. Если вдоль паза проверяемой секции, имею-

щей межвитковое замыкание, наложить стальную пластину толщиной 0,2...0,4 мм, то она начинает вибрировать под действием местного переменного поля, создаваемого индуцируемым переменным током.

После сборки стартер испытывают на стенде КИ-968 в режимах холостого хода и полного торможения. Аккумуляторная батарея должна иметь соответствующую емкость и быть полностью заряженной. Испытание в режиме холостого хода проводят без тормозного устройства.

Для испытания стартера в режиме полного торможения на шестерню привода устанавливают рычаг, конец которого соединяют с динамометром. Затем стартер включают на 4...5 с, записывают показания динамометра, вольтметра и амперметра при полном торможении якоря.

Для стартеров СТ-130Б и СТ-352Д тормозной момент должен быть соответственно не менее 30 и 5 Н·м, а потребляемый ток — не более 650 и 250 А. Если стартер развивает крутящий момент меньше указанного в технической характеристике и потребляет ток больше номинального, это свидетельствует о неисправностях в коллекторе или полюсных обмотках.

Ремонт приборов системы зажигания

Индукционная катушка (катушка зажигания) может иметь пробой или обгорание изоляции обмоток, перегорание или отъединение дополнительного сопротивления (вариатора). Состояние (работоспособность) катушки зажигания определяют при испытании на универсальных контрольно-испытательных стендах КИ-968, на стенде Э-208 и др.

Первичную обмотку катушки соединяют с имеющимися у стенда прерывателем, конденсатором и аккумуляторной батареей, как показано на схеме. Выход высокого напряжения катушки соединяют с одним из разрядников стенда. Включают стенд и устанавливают частоту вращения кулачка прерывателя стенда 1500 об/мин. При этом индукционная катушка должна давать на разряднике бесперебойную искру длиной не менее 7 мм.

Индукционные катушки контактно-транзисторной си-

стемы зажигания должны испытываться со своим распределителем-прерывателем и транзисторным коммутатором и давать бесперебойную искру длиной 10 мм.

Неисправные катушки не ремонтируют. Перегоревшее дополнительное сопротивление заменяют.

Конденсатор. Неисправностями конденсатора являются повреждение изоляции, приводящие к ее пробое или утечке тока, и обрыв цепи (обычно у выводного привода.) На контрольно-испытательных стендах КИ-968 конденсаторы испытывают способом сравнения. При этом в цепь, состоящую из аккумуляторной батареи, индукционной катушки, прерывателя и эталонного конденсатора стенда, вместо эталонного включают испытываемый конденсатор. Если при этом интенсивность искрообразования на разряднике стенда не ослабляется, конденсатор исправен. Проверку конденсатора можно проводить также с помощью неоновой лампы, включаемой в сеть переменного тока 220 В вместе с испытываемым конденсатором, диодом и сопротивлением.

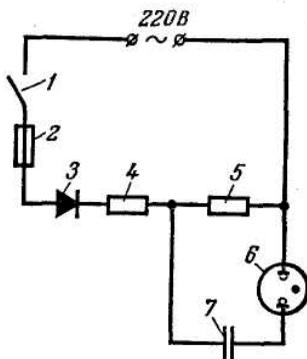


Рис. 15.4 Схема испытания конденсатора с помощью неоновой лампы:

- 1 – выключатель или кнопка; 2 – предохранитель 0,5 А;
- 3 – диод Д226; 4 – сопротивление 150 кОм;
- 5 – сопротивление 82 кОм; 6 – неоновая лампа ТН-0,2;
- 7 – испытываемый конденсатор

При исправном конденсаторе неоновая лампа вспыхивает в момент включения и затем больше не загорается или вспыхивает периодически через длительные промежутки времени (3...8 с).

Непрерывное же горение лампы или частые вспышки (чаще 3 с) указывают на наличие пробоя изоляции или на плохое ее качество. Полное отсутствие вспышек указывает на наличие обрыва в конденсаторе.

Состояние конденсатора определяют также измерением его емкости с помощью соответствующих приборов (стенд Э-208, измерительные мосты и др.). Емкость исправного конденсатора батарейной системы зажигания равна 0,17...0,25 мкФ. Неисправные конденсаторы заменяют.

Свечи зажигания. Наиболее часто встречающимися неисправностями запальных свечей являются: покрытие нагаром и смолистыми отложениями внутренней поверхности корпуса и нижней части изолятора, облом бокового электрода, изломы, трещины и электрический пробой изолятора, нарушение герметичности свечи.

Очищать свечи от нагара и смолистых отложений можно отмачиванием в растворителях (бензине, керосине) с последующей очисткой щеткой из тонкой медной проволоки или обдувкой песком с помощью сжатого воздуха (пескоструйная очистка).

Зазор между электродами свечи должен быть 0,4...0,5 мм для двигателя ПД-10 и 0,5...0,8 мм для остальных двигателей. Очищенные и отрегулированные свечи испытывают на искрообразование при давлении 0,6...0,8 МПа и на герметичность при давлении 1 МПа на приборе с параллельно включенными эталонной свечой и разрядником. Проверку проводят сравнением работы испытуемой свечи с эталонной при установленном на разряднике зазоре 5...7 мм.

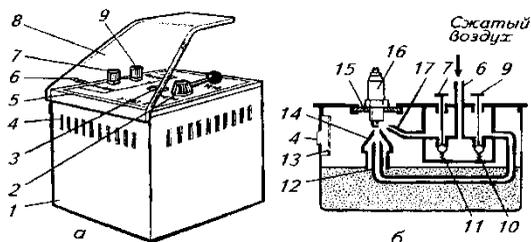


Рис. 15.5 Приспособление Э-203-0 для очистки искровых свечей зажигания от нагара:
а — общий вид; *б* — пневматическая схема; 1 — корпус; 2 — рукоятка для поворота манжеты; 3 — свечное отверстие; 4 — щели для выхода воздуха; 5 — пескоструйная головка; *б* — штуцер ввода сжатого воздуха; 7 — кнопка «Воздух»; 8 — защитное стекло; 9 — кнопка «Песок»; 10 и 11 — клапаны; 12 — трубка подвода сжатого воздуха в сопло; 13 — матерчатый фильтр; 14 — сопло; 15 — манжета; 16 — очищаемая свеча; 17 — трубка подвода сжатого воздуха для обдува свечи

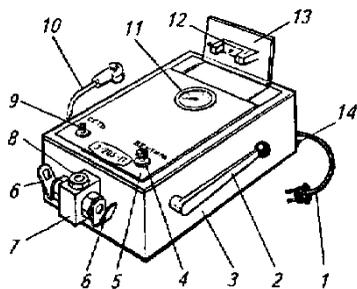


Рис. 15.6 Прибор Э-203-П для проверки искровых свечей зажигания на бесперебойность ценообразования и герметичность:
 1 — шнур с вилкой для подключения к сети напряжением 220 В; 2 — рукоятка насоса; 3 — корпус; 4 — вентиль выпуска сжатого воздуха; 5 — панель приборов; 6 — зеркало-отражатель; 7 — воздушная камера; 8 — смотровое окно; 9 — кнопка «Сеть» включения прибора к сети напряжением 220 В; 10 — высоковольтный провод; 11 — манометр; 12 — контрольный разрядник; 13 — откидная крышка с контрольным разрядником; 14 — винт заземления

Прибор Э-203-0 предназначен для очистки свечей. Устанавливают свечу в отверстие с манжетой 15. При нажатии на кнопку 9 сжатый воздух увлекает частицы кварцевого песка и подает их с большой скоростью через сопло 14 на очищаемую поверхность. Через 10... 15 с после окончания очистки остатки песка с очищаемой поверхности удаляются воздухом из трубки 17 при нажатии на кнопку 7.

Для проверки свечей используют прибор Э-203-П. Испытуемую свечу вворачивают в воздушную камеру 7. На нее устанавливают высоковольтный провод 10 и включают прибор кнопкой 9. Рукояткой 2 повышают давление в камере, контролируя его по манометру 11. Через смотровое окно 8 и с помощью зеркала-отражателя 6 контролируют искрообразование между электродами свечи.

Этим прибором выявляют перебои в искрообразовании между электродами, трещины, внутренние пробои и потерю герметичности. Каждому межэлектродному зазору соответствует минимально допустимое значение давления в камере.

Прибор Э-203-0 питается от сети сжатого воздуха давлением 0,4...0,6 МПа. Его габариты 215 x 176 x 288 мм и масса 4 кг.

Прибор Э-203-П питается от сети переменного тока напряжением 220 В. Его габариты 350 x 260 x 105 мм и масса 7 кг. Развиваемое в камере давление 1,6...2,0 МПа.

Ремонт реле-регуляторов, транзисторных коммутаторов и электронных блоков управления

В комплекте электрооборудования автомобилей и тракторов еще встречаются бесконтактные реле-регуляторы, блоки управления с прерывателем-указателем поворотов, а также другие устройства, выполненные на основе дискретных радиоэлементов (или изделий электронной техники) на печатных платах и размещенные в пластмассовых корпусах со штырьковыми разъемами. В качестве радиоэлементов применяют резисторы, конденсаторы, диоды, стабилитроны, транзисторы и микросхемы логики. В процессе эксплуатации такие конструкции отказывают из-за возникновения в бортовой сети перенапряжений при аномальных режимах работы системы электроснабжения. Так, отключение АКБ вследствие

окисления клемм или обрыва цепи приводит к тому, что в бортовой сети при функционировании мощных потребителей электроэнергии возникают переходные процессы с пиковыми значениями напряжения до 150...200 В. В связи с этим отказы таких электронных блоков, реле-регуляторов и транзисторных коммутаторов вызваны в основном выходом из строя стабилитронов, транзисторов и диодов. Поэтому при ремонте этих изделий применяют те же технологические приемы, что и при производстве электронных блоков.

У контактно-транзисторных систем зажигания (автомобили ГАЗ-53А, ЗИЛ-130) причиной отказа может явиться неисправность транзисторного коммутатора ТК102.

Для определения исправности транзисторного коммутатора должно быть проверено функционирование всей системы зажигания.

Для этого на испытательный стенд устанавливают исправные индукционную катушку Б114, блок сопротивлений (резисторов) СЭ107, соответствующей марки прерыватель-распределитель (Р133, Р137, Р4-Д) и испытуемый транзисторный коммутатор, соединяют их между собой и с аккумуляторной батареей стенда (рис. а). Если при частоте вращения валика прерывателя-распределителя, равной 1500...2500 об/мин, обеспечивается бесперебойное искрообразование на разрядниках стенда при длине искры, равной 10 мм, то транзисторный коммутатор исправен.

Можно проверить транзисторный коммутатор на работу в ключевом режиме, соединив его с аккумуляторной батареей 12 В, с сопротивлением 1,4...1,5 Ом и с амперметром, как показано на рисунке б. При замыкании клеммы «Р» коммутатора на его массу (на клемму «М») амперметр должен показывать силу тока 6...7 А, при отъединении клеммы «Р» от массы показания амперметра должны равняться нулю.

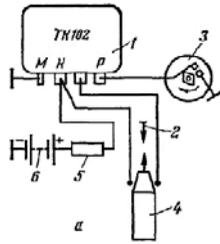


Рис. 15.7 Испытание транзисторного коммутатора:
а – испытание на стенде на действие (функционирование);
б – испытание в ключевом режиме; 1 – транзисторный коммутатор; 2 – трехэлектродный разрядник; 3 – прерыватель;
 4 – катушка зажигания; 5 – сопротивление 1,0 Ом;
 6 – аккумуляторная батарея; 7 – выключатель; 8 – амперметр;
 9 – сопротивление 1,4 Ом; *М, К, Р* – обозначения клемм транзисторного коммутатора и катушки зажигания

К ремонтируемым транзисторным коммутаторам относят коммутаторы типов 36.3734 и 3620.3734, которые выполнены на дискретных элементах, расположенных в металлическом корпусе.

Разбирают такие изделия с помощью отвертки, пинцета и паяльника для отпайки проводников от разъема. По завершении отпайки плату с радиокомпонентами извлекают из корпуса и с помощью омметра или мультиметра определяют дефекты. Эти электронные блоки и транзисторный коммутатор можно диагностировать с применением специально собранных испытательных схем, в состав которых входят стабилизированный источник постоянного тока с внутренним сопротивлением не более 0,03 Ом при максимальной силе тока нагрузки 10 А, амперметры, вольтметр и генератор сигналов типа Г6-15 или Г6-26. Изучая с помощью осциллографа переходные процессы в транзисторном коммутаторе, определяют его работоспособность и все функции управления: регулирование продолжительности открытого состояния и ограничение силы тока выходного транзистора, выключение его при прекращении управляющего сигнала на входе и т.д.

Основные операции ремонта заключаются в выпаивании отказавших элементов, установке и припайке новых элементов с последующей лакировкой.

Ремонт аккумуляторных батарей.

Аккумуляторные батареи ремонтируют при обнаружении внешних дефектов (выломы, трещины и потение стенок баков; выломы, трещины и срыв резьбы крышек аккумуляторов; повреждение и отслаивание заливочной мастики), а также при наличии признаков, свидетельствующих о неисправности пластин, перегородок баков и сепараторов аккумуляторов: быстрое падение напряжения при испытании нагрузочной вилкой; аккумулятор плохо принимает зарядку; напряжение в конце зарядки не превышает 2,5 В (вместо нормальных 2,65...2,75 В); более раннее, чем у исправного аккумулятора, выделение газов (кипение) при зарядке; малое повышение плотности электролита даже после длительной зарядки; слабое газовыделение или отсутствие его в конце зарядки; быстрое повышение температуры электролита во время зарядки; быстрая потеря заряда у батареи при эксплуатации; помутнение и коричневая окраска электролита; повышенный саморазряд, то есть саморазряд батареи более 1 % емкости в сутки при температуре 20°C.

Во избежание полного выхода из строя пластин неисправные аккумуляторы батареи должны быть сданы в ремонт не позднее чем через месяц после снятия с эксплуатации.

Сосуды стартерных аккумуляторов батарей могут иметь выломы, трещины и пористость стенок и перегородок. Трещины и пористость наружных стенок и внутренних перегородок сосуда могут быть выявлены при осмотре и испытании током от электросети напряжением 110...220 В. При этом в сосуд и ванну заливают электролит плотностью 1040...1080 кг/м³ и опускают в него свинцовые пластины по обе стороны испытываемой стенки. При наличии пористости стрелка вольтметра отклонится от нулевого положения.

Пластины подвергаются сульфатации, короблению, разрушению и разрыхлению активной массы и др.

Сульфатация. Пластины покрываются белым крупнокристаллическим налетом сернокислого свинца, в результате

чего затрудняется проникновение электролита к активной массе, увеличивается электрическое сопротивление аккумулятора, уменьшается его емкость. Если сульфатация не очень глубокая, ее можно удалить проведением продолжительного заряда слабым током (до 0,03...0,05 емкости) при пониженной плотности электролита или другим способом, который состоит в том, что батарею разряжают до напряжения 1,7 В, сливают электролит и заменяют его дистиллированной водой или слабым электролитом ($1030 \dots 1050 \text{ кг/м}^3$), затем заряжают током, равным 0,03...0,05 емкости, пока плотность электролита не повысится до 1100 кг/м^3 и напряжение не поднимется до 2,3...2,4 В. Сливают электролит и вновь повторяют все операции. Циклы повторяют 3...4 раза, пока не перестанет повышаться плотность электролита.

Применяют также химические способы для устранения сульфатации, например из заряженного аккумулятора сливают электролит и заливают на 40...60 мин водно-аммиачный раствор трилона Б (2% трилона Б, 5% аммиака, остальное вода). После слива раствора аккумулятор промывают дистиллированной водой, заливают электролит нормальной плотности и заряжают аккумулятор. Пластины, покрытые сульфатом более чем на 50%, выбраковывают.

Поступившие в ремонт батареи очищают от загрязнений и предварительно проверяют наружным осмотром (наличие трещин, отколов, окисленных контактов и т.д.). Затем определяют состояние электролита: плотность, уровень над пластинами и напряжение под нагрузкой. По результатам проверки делают заключение о необходимом виде ремонта.

Незначительные повреждения пластмассового корпуса или крышки, вызывающие течь электролита, устраняют с помощью тепловой сварки.

Если моноблок имеет трещины, а отдельные элементы — короткое замыкание, то после промывки элементов дистиллированной водой батарею разбирают: удаляют межэлементные переемы, мастику и захватами специального съемника вынимают блоки пластин. Эти блоки диагностируют и разъединяют на полублоки положительных и отрица-

тельных пластин. Полублоки с сохранившейся активной массой промывают в воде в течение 10...30 мин. Корпус АКБ очищают от шлама и промывают водой, исправные сепараторы и предохранительные перфорированные пластины также промывают и сушат.

Пластины с разрушенными решетками, выпавшей активной массой и глубокой сульфатацией выбраковывают. Поверхностную сульфатацию с пластин удаляют, неисправные отрицательные пластины заменяют. Отобранные годные пластины опрессовывают для выравнивания зазоров и вдавливания разбухшей активной массы и решетки. Баретки и межэлементные соединения отливают в специальных формах с соблюдением размеров и допусков.

АКБ собирают, следуя определенным правилам: например, полублок составляют из пластин одинакового качества для предотвращения быстрого саморазряда из-за появления тока между восстановленными и новыми пластинами, имеющими разные потенциалы.

Пластины, установленные в кондукторе, соединяют пайкой в полублоки при помощи паяльника с угольными электродами, подключенными к «+» АКБ, чтобы свинец не окислялся и соединение было прочным. При сборке блока наружные пластины должны быть отрицательными. Сепараторы размещают таким образом, чтобы их ребра были направлены в сторону положительных пластин. Собранный блок входит в корпус с некоторым усилием. Если размеры блока превышают габариты корпуса, то блок обжимают для получения нужного размера. Штыри соседних блоков должны иметь разную полярность. Установив предохранительные пластины и крышки, на выходные штыри надевают межэлементные соединения и угольными электродами паяльника оплавливают штыри, межэлектродную перемычку и втулку крышки.

Пазы между крышками и стенками моноблока заливают мастикой, нагретой сначала до температуры 120 °С, а затем до 200 °С.

В АКБ заливают электролит и заряжают ее до нормы.

Учебное издание

Кузюр Василий Михайлович

**НАДЕЖНОСТЬ И РЕМОНТ МАШИН
(РАЗДЕЛ 2)**

*Курс лекций для студентов, обучающихся по
направлению подготовки 35.03.06. «Агроинженерия»
профиль «Технические системы в агробизнесе»*

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 01.06.2017 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 18,13. Тираж 25 экз. Изд. № 5315.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ