**В.П.Иванов**

# РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

*Издание 2-е исправленное*

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для учащихся средних специальных учебных заведений специальности «Техническая эксплуатация и ремонт автотранспортных средств»*

Минск
Издательство «Дизайн ПРО»
2001

УДК 629.113.004.67
ББК 39.33-08я7
И20

Рецензенты: предметно-цикловая комиссия Минского автомеханического техникума, преподаватель 1-й категории С.А.Скепьян; зав. кафедрой Могилевского машиностроительного института, кандидат техн. наук, доцент В.П.Лобах.

**Иванов В.П.**

И20 Ремонт автомобилей. — Мн.: Дизайн ПРО, 2001. — 208 с.: ил.

ISBN 985-452-043-9

Рассмотрены современные методы организации авторемонтного производства, технологические процессы и основные средства ремонта автомобилей.

Приведены новые способы и материалы ремонта, в том числе для восстановления изношенных деталей. Использован передовой опыт ремонтных предприятий. Представлены организация централизованного восстановления деталей, меры экологической безопасности ремонта и организация обеспечения качества.

Для учащихся ССУЗов, может быть полезна работникам ремонтно-обслуживающего производства, студентам ВУЗов.

УДК 629.113.004.67
ББК 39.33-08я7

ISBN 985-452-043-9

© В.П.Иванов, 2001
© Оформление — издательство «Дизайн ПРО», 2001

# ВВЕДЕНИЕ

Создание парка автомобилей потребовало организации их ремонта для поддержания работоспособного состояния. Начало развития авторемонтного производства (АРП) следует отнести к 1920-1921 гг., когда в системе Наркомата продовольствия был построен Миусский авторемонтный завод в Москве.

Функции АРП заключаются в экономически обоснованном устранении неисправностей и восстановлении ресурса автомобилей. Ремонтное производство обладает существенными отличиями от машиностроения, что определяет необходимость изучения его специфичных процессов, в том числе процессов восстановления свойств автомобилей, утраченных во время их длительной эксплуатации.

Ремонт автомобилей как научная дисциплина возникла в СССР в 30-х годах в связи с быстрым ростом автомобильного парка. В это время группа научных сотрудников Московского автодорожного института под руководством проф. В.В. Ефремова установила, что ремонт автомобилей является объективной необходимостью для поддержания их в работоспособном состоянии в течение установленного срока службы, и впервые была разработана система технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Научная база ремонта автомобилей создавалась на трудах профессоров В.Э.Вейриха, И.В. Грибова, В.И.Казарцева, В.В.Ефремова, В.А.Шадричева, К.Т.Кошкина и др.

Научное обеспечение ремонтной отрасли включает в настоящее время такие основные разделы: исследование ремонтопригодности и процессов старения автомобилей, промышленная чистота машин, изучение и разработка способов восстановления утраченной работоспособности деталей и их упрочнения, разработка ремонтно-технологического оборудования, организация, специализация и размещение ремонтного производства, послеремонтная надежность.

Специализированное ремонтное производство Республики Беларусь состоит более чем из 30 ремонтных заводов, по существу выполняющих вторичное производство машин. Ремонтные заводы принадлежат министерствам сельского хозяйства и продовольствия, транспорта, обороны и другим ведомствам. Самое большое ремонтное производство в Республике Беларусь находится в составе Министерства сельского хозяйства и продовольствия.

Оно обслуживает около 30% автомобилей общего пользования, тракторы, комбайны и другую сельскохозяйственную технику. Объемы ремонта велики — в настоящее время в национальном хозяйстве республики капитально отремонтированных машин существует больше, чем новых.

Специализированное ремонтное производство является ресурсосберегающим производством, которое экономит много труда, материалов и энергии, поскольку использует уже существующие материал и форму деталей. Затраты денежных средств на устранение неисправностей и восстановление ресурса при капитальном ремонте составляют только 20...30% от затрат на производство машин. Научно обоснованные технология и организация ремонта машин позволяют достичь их нормативной наработки, а в отдельных случаях и превзойти наработку новых изделий.

Однако фактическая послеремонтная наработка техники в 1,5...2,5 раза меньше наработки новых изделий. На долю устранения отказов приходится до 60% общих затрат на поддержание автомобилей в работоспособном состоянии, а наработка на сложный отказ в среднем на 30% ниже нормативных значений. Эти показатели объясняются тем, что ремонтные заводы в количественном и качественном отношениях обеспечены оборудованием и оснасткой только на 15...25% по сравнению с автостроительными предприятиями.

Повышение технического уровня ремонтного производства требует непрерывного и планомерного развития его материальной базы, основу которой составляют средства ремонта. Прогрессивные средства ремонта должны использовать новые способы переработки материалов и энергии на пути превращения ремонтируемых машин из состояния ремонтного фонда в товарную продукцию.

Повышению качества ремонта способствует увеличение уровня концентрации ремонта многомарочных агрегатов и автомобилей и углубление специализации.

Реформирование национального хозяйства Республики Беларусь и его многоукладность требуют совершенствования системы технического сервиса. Эта система должна быть мобильной и эффективной, способной выполнять заявки потребителей с выездом на место и устранения отказов техники в кратчайшие сроки.

Ремонтные заводы получили право самостоятельно торговать своей продукцией, но приобрели ответственность за ее работоспособность, обеспечение запасными частями и организацию необходимого технического сервиса в течение всего срока службы.

Технический сервис с переходом к экономическим методам управления должен развиваться в следующих направлениях:

заводам необходимо создать на договорной основе технические центры, которые выполнят предпродажную подготовку и продажу техники потребителям, реализацию материалов, полуфабрикатов, запасных частей, сборочных единиц и агрегатов, техническое обслуживание и ремонт техники в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации, восстановление и изготовление деталей;

на базе ремонтных мастерских необходимо создать сеть независимых дилеров, обеспечивающих потребителям свободу выбора исполнителя и вида технического сервиса;

заводы должны наладить своими силами ремонт наиболее сложных узлов и агрегатов (двигателей, гидротрансмиссий, топливной и гидравлической аппаратуры и др.) и восстановление изношенных деталей. Это сотрудничество может идти по пути создания собственных ремонтных производств, а также при совместном участии действующих специализированных ремонтных заводов и мастерских.

Формирование технической политики по созданию форм технического сервиса и рыночных структур в новых условиях хозяйствования обеспечивает: экономическую заинтересованность и юридическую ответственность ремонтного предприятия и дилера в материально-техническом обеспечении потребителя; многообразие эффективных сервисных предприятий — фирменных, многоцелевых технических центров; совершенствование как ремонтных предприятий, так и ремонтно-обслуживающей сети мастерских. Предмет науки о ремонте автомобилей составляют закономерности подготовки и организации такого производства, которое обеспечивает выпуск заданного количества отремонтированной техники с установленными показателями качества, с наименьшими затратами трудовых, энергетических и материальных ресурсов и без ущерба для окружающей среды.

Цель изучения курса ремонта автомобилей состоит в получении учащимися теоретической основы и практических навыков по технологии и организации капитального ремонта автомобилей в условиях специализированного производства, по техническому нормированию труда, проектированию и реконструкции производственных участков авторемонтного производства.

Задачи дисциплины состоят в формировании у учащихся знаний об особенностях и структуре АРП, об основных технологических процессах разборки и очистки объектов, получении исходных и ремонтных заготовок различными способами, сборки, приработки и испытаниях ремонтируемых автомобилей, об обоснованном выборе лучших технических решений и разработке технологического процесса восстановления деталей и источниках экономической эффективности ремонта.

Знания дисциплины, получаемые будущими техниками, необходимы для организации производства, способного обеспечить требуемое качество отремонтированных автомобилей, эффективность производства, установленные сроки и объемы выпуска продукции.

Курс изложен применительно к наиболее массовым представителям техники — автомобилям, которые имеют в своем составе восстанавливаемые элементы, подобные элементам других машин.

# РАЗДЕЛ 1. ЗАДАЧИ, ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА АВТОРЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

## 1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЕЙ

Старение автомобиля происходит в результате необратимых изменений свойств его составных частей из-за структурных превращений, химических изменений и постепенного накопления повреждений в материале деталей при эксплуатации и хранении.

В автомобиле при его эксплуатации протекают рабочие и разрушительные процессы. Рабочие процессы связаны с выполнением автомобилем функции по назначению (работы по перемещению пассажиров и грузов). Интенсивность рабочих процессов по мере наработки автомобиля падает. Повреждения, сопровождающие разрушительные процессы в деталях, в зависимости от природы возникновения бывают износные, усталостные, в виде деформаций и изломов деталей, коррозионные и в виде ухудшения свойств материала. Интенсивность разрушительных процессов с увеличением наработки автомобиля возрастает. Несмотря на принимаемые меры профилактического характера, наступает момент, когда разрушение начинает превалировать над полезными процессами, что приводит к так называемому предельному состоянию автомобиля.

Предельное состояние — это техническое состояние автомобиля, при котором он или не способен выполнять предназначенную функцию, или выполнение этой функции сопряжено с затратами, превышающими пользу от применения этого автомобиля. Момент наступления предельного состояния зависит от соотношения интенсивностей рабочих и разрушительных процессов. Работы по обслуживанию и текущему ремонту автомобиля сдерживают рост интенсивности разрушительных процессов и уменьшают падение интенсивности рабочих процессов. Кроме того, автомобиль может быть в исправном, неисправном, работоспособном и неработоспособном состояниях. В исправном состоянии автомобиль соответствует всем требованиям нормативной документации, а если хотя бы одно из требований этой документации не выполняется, то автомобиль признается неисправным. Работоспособное состояние автомобиля такое, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной документации. Если значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативной документации, то автомобиль признается

неработоспособным. Переход автомобиля в неисправное или неработоспособное состояния определяется как отказ. Причина отказа автомобиля заключается в накоплении критического множества повреждений в его элементах.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ НАДЕЖНОСТИ

Надежность автомобиля — это одно из основных его эксплуатационных свойств и определяется как способность выполнять заданную функцию, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных режимах и условиях применения в течение требуемой наработки. Это свойство является функцией безотказности, ремонтопригодности, сохраняемости и долговечности частей. Надежность отремонтированного автомобиля зависит в основном от качества ремонта, условий его эксплуатации и обслуживания.

Безотказность — свойство автомобиля сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или всего периода наработки.

Ремонтопригодность — это приспособленность автомобиля или его частей к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания или ремонта.

Сохраняемость — свойство автомобиля сохранять в заданных пределах исправное и работоспособное состояние в течение периода хранения, после хранения и транспортирования.

Долговечность — свойство автомобиля сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Показателями долговечности служат ресурс и срок службы. Ресурс — это наработка автомобиля до предельного состояния, а срок службы — календарная продолжительность его эксплуатации до исчерпания ресурса.

Ресурс деталей по прочности, как правило, превышает их ресурс по износостойкости и усталостной прочности. Это положение предполагает использование остаточной долговечности деталей путем восстановления их элементов до уровня, установленного нормативной документацией.

## СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Включает совокупность технологического оборудования и оснастки, документации и исполнителей, которые необходимы для поддержания и восстановления качества автомобилей. Можно выделить три варианта воздействий для поддержания автомобилей в работоспособном состоянии:

планово-профилактические (независимо от технического состояния);

по необходимости (при отказе);

плановодиагностические (работы проводятся с учетом технического состояния автомобиля, которое определяется путем диагностирования).

Система плановых (профилактических) ремонтов, назначаемых через определенные сроки, действует в авиации, исходя из высоких требований к надежности, а также для пожарных машин и подвижного состава, перевозящего опасные грузы и работающего в экстремальных условиях. На автомобильном транспорте преимущественно действует система ремонтов при обнаружении повреждений, называемая системой ремонтов по потребности.

Планово-диагностическая система ремонтов основана на измерении диагностических параметров, определении неисправностей и остаточного ресурса и принятии решения о сроках и объеме ремонтных работ.

В большинстве отраслей промышленности действует система мер по поддержанию машин в работоспособном состоянии, которая имеет профилактическую направленность и учитывает закономерности изнашивания машин. Мероприятия этой системы включают в себя два вида воздействий.

Воздействия первого вида выполняются в плановом порядке и направлены на уменьшение интенсивности износа деталей за счет предупреждения и своевременного выявления неисправностей. Неисправности выявляются в результате осмотра, контроля и проверки действия механизмов, а предупреждаются за счет проведения уборочно-моечных, смазочных и крепежно-регулировочных работ. Это множество работ называется техническим обслуживанием и направлено на поддержание работоспособности или исправности машин при их использовании по назначению, хранении или транспортировании.

Воздействия второго вида называются ремонтом, он необходим для устранение неисправностей машин и восстановления их ресурса путем замены или восстановления изношенных деталей и (или) сборочных единиц. Ремонтные работы выполняются по потребности.

Главная задача технического обслуживания заключается в экономически эффективном поддержании работоспособности машин путем уменьшения интенсивности разрушительных процессов, протекающих в машинах при их эксплуатации и хранении.

Главная задача авторемонтного производства заключается в экономически эффективном восстановлении надежности автомобилей в результате наиболее полного использования остаточной долговечности их деталей.

Таким образом, в системе технического обслуживания и ремонта автомобилей предусмотрены их контроль, техническое об-

служивание и ремонт, при этом техническое обслуживание производится принудительно по плану, а ремонтные работы — по потребности.

Ремонт разделяют на капитальный, средний и текущий, в зависимости от степени восстановления ресурса автомобиля. Капитальный ремонт служит для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановления ресурса автомобиля с заменой или восстановлением любых его деталей, включая базовые. Средний ремонт выполняет восстановление исправности и частичное восстановление ресурса автомобиля с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры. Текущий ремонт служит для восстановления работоспособности автомобиля и состоит в замене или восстановлении отдельных его частей.

По признаку сохранения принадлежности ремонтируемых частей к определенному экземпляру автомобиля или его агрегата различают необезличенный и обезличенный методы ремонта. В первом случае эта принадлежность сохраняется, во втором случае последняя не сохраняется.

Необходимость ремонта автомобилей в современных условиях обусловлена рядом обстоятельств.

Ограниченные государственные запасы топлива и материалов в Беларуси сдерживают количественный рост автомобильного парка за счет изготовления автомобилей и требуют развития авторемонтного производства, которое сберегает много труда, энергии и материалов.

Различные детали и узлы автомобилей имеют неодинаковый ресурс. Автомобиль, хотя и спроектированный как машина с равноресурсными элементами, не может реализовать это свойство в различных условиях эксплуатации из-за неравнопрочности — свойство автомобиля, заключающееся в разновременности выхода из строя его составных частей.

Ремонт позволяет использовать сохранившуюся потребительскую стоимость машины в виде остаточной долговечности ее частей. Досрочная замена частей приводит к потере не полностью амортизированной стоимости машины.

Ремонт, проводимый совместно с модернизацией, позволяет значительно сблизить сроки физического и морального износа машин, повысить их технический уровень или приспособить к новым потребностям производства. Ремонт снижает интенсивность морального износа.

Обследование множества деталей ремонтного фонда показывает, что около четверти деталей изношены в допустимых пределах и могут быть использованы повторно. Около половины деталей могут быть использованы после восстановления при его себестоимости 15...30% от цены новых деталей. Т.е. налицо экономическая целесообразность ремонта.

## 1.2. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, НАЗНАЧЕНИЕ АВТОРЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ФУНКЦИИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ

Автомобиль состоит из агрегатов, которые в свою очередь подразделяются на узлы и детали.

***Изделием*** называется единица промышленной продукции конечной стадии производства. Изделия измеряются в штуках.

***Агрегат*** — это часть автомобиля, которая обладает полной взаимозаменяемостью, возможностью сборки отдельно от других составных частей машины и способная выполнять самостоятельную функцию. К автомобильным агрегатам относят двигатель, коробку передач, рулевой механизм и др.

***Узел*** — это сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей агрегата или машины, но способна выполнять свою функцию только вместе с другими частями изделия.

***Деталь*** — это изделие, изготовленное из однородного материала, без применения сборочных операций. Примеры деталей: поршневой палец, пружина, гильза цилиндра.

***Производственный процесс ремонта*** включает множество работ, необходимых для получения отремонтированной машины. Производственный процесс содержит как основные процессы ремонта по устранению неисправностей и восстановлению ресурса, так и все вспомогательные процессы, обеспечивающие функционирование предприятия, в том числе транспортирование и хранение ремонтного фонда и материалов, ремонт зданий, сооружений и оборудования, изготовление технологической оснастки, производство энергии, материально-техническое снабжение и др.

***Технологический процесс ремонта*** — часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением состояния ремонтируемых объектов и определением этого состояния. В технологическом процессе участвуют предмет ремонта (ремонтируемое изделие), средства ремонта (оборудование, оснастка и инструмент) и исполнители. Технологические процессы разрабатывают на основные виды работ, они состоят из операций.

***Технологическая операция*** — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Технологическая операция является расчетной единицей технического нормирования труда, проектирования производственных участков и себестоимости технологического процесса. Операция в свою очередь может быть разделена на части.

***Установ*** — это часть технологической операции, выполняемая при неизменном положении изделия относительно установочно-

закрепительных элементов оборудования. Установы необходимы, например, для обработки различных поверхностей детали.

***Позиция*** — это фиксированное положение изделия относительно инструмента при выполнении части операции. Позиции образуются при обработке изделия на автоматической линии (агрегатном станке) или сборке на конвейере.

***Технологический переход*** — это законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых при обработке или соединяемых при сборке. Технологический переход является расчетной единицей технологического проектирования. Технологический переход состоит из одного или нескольких рабочих и вспомогательных ходов.

***Рабочий ход*** — это законченная часть технологического перехода, составляющая однократное перемещение инструмента относительно обрабатываемой детали, сопровождаемое изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств материала.

***Вспомогательный ход*** — законченная часть технологического перехода, составляющая однократное перемещение инструмента относительно обрабатываемого изделия, которое не сопровождается изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств материала, но необходимо для выполнения рабочего хода.

***Вспомогательный переход*** — законченная часть технологической операции, которая состоит из действий человека или оборудования, не сопровождающихся изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств материала,но необходимых для выполнения технологического перехода. К вспомогательным переходам относятся, например, установка, закрепление или снятие детали.

***Авторемонтное производство*** — это система предприятий и производственных участков, выполняющих различные виды ремонта автомобилей.

Особенности АРП по сравнению с автостроением обусловлены исходными заготовками и объемами производства. Выяснение общих черт и отличий АРП по сравнению с автостроением необходимо для заимствования средств оснащения, технологий и организационных форм.

Основные отличительные признаки ремонтного производства (рис.1.1): наличие разборочного процесса; применение дефектоскопии деталей ремонтного фонда; производство сборки машин в значительной мере из уже работавших деталей (восстановленных и годных без ремонта), которые по отдельным параметрам отличаются от новых; другие способы восстановления изношенных деталей по сравнению со способами их изготовления.

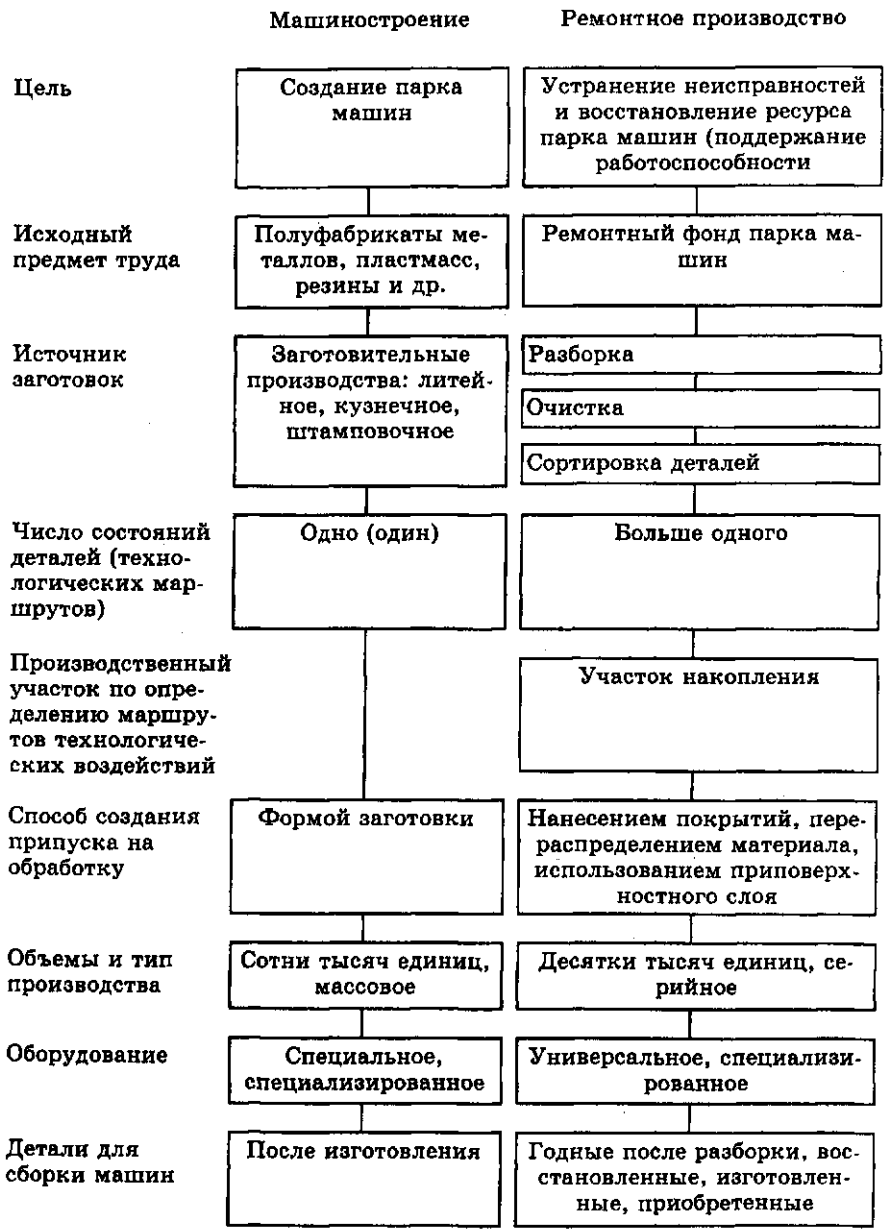


**Рис.1.1. Сопоставление признаков машиностроения и ремонтного производства**

Меньшие объемы выпуска отремонтированной продукции каждым предприятием объясняются большим количеством последних в сравнении с машиностроительными предприятиями и их ведомственной разобщенностью на порядок. Этим, в свою очередь, объясняется меньшая оснащенность операций ремонта как по номенклатуре, так и по техническому уровню оборудования. Распространенное оборудование в АРП — универсальное и специализированное, специального оборудования здесь незначительное количество. Ряд универсальных металлорежущих станков путем заводской доработки превращен в специализированное оборудование. В то время как в машиностроении распространено оборудование специализированное и специальное.

***Исходный предмет труда АРП*** — это ремонтный фонд парка машин с различными характеристиками износа составляющих деталей, сочетаниями повреждений и остаточной долговечностью. Детали новых машин изготавливают из материальных полуфабрикатов.

Детали ремонтного фонда имеют большое количество состояний. Экономически целесообразно группировать детали со схожими сочетаниями повреждений, формировать из них партии и в виде партий запускать на восстановление.

## ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА АВТОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Включает администрацию (директора, главного инженера, заместителей директора), заводоуправление, основное, вспомогательное и обслуживающее производства.

Заводоуправление включает должностных лиц и отделы, состав и функции которых зависят от мощности и специализации предприятия. Состав отделов: главного технолога и главного конструктора (технический отдел), технического контроля, материально-технического снабжения, планово-экономический, финансово-сбытовой, производственно-диспетчерский, труда и заработной платы, кадров.

***Основное производство*** занято выпуском товарной продукции и подразделяется на цехи (участки): предремонтного диагностирования, разборочно-очистной, определения повреждений деталей и их сортировки, накопления, централизованного восстановления отдельных (базовых и основных) деталей, слесарно-механический, ремонта агрегатов, нанесения гальванических покрытий, комплектовочно-сборочный, окрасочный, приработочный и устранения дефектов.

Производственные подразделения выполняют следующие основные функции.

Предремонтное диагностирование развивается с внедрением необезличенного ремонта, основная цель которого — выполнение

с минимальной трудоемкостью самого необходимого объема ремонтных работ и сохранение прежних связей и взаимного расположения деталей между собой. Диагностирование выполняют для определения технического состояния агрегата по результатам измерения диагностических параметров. Диагностирование — это прежде всего безразборное определение неисправностей и остаточного ресурса. К диагностическим параметрам, например, относятся: эффективная мощность, давление масла в главной магистрали, удельный расход топлива, содержание оксида углерода в отработавших газах, зазоры в сопряжениях, расходы газов и жидкостей, значения параметров рабочих процессов.

На разборочно-очистном участке разбирают автомобили на детали и по мере разборки части автомобиля очищают. Очищенные детали сортируют на годные, утильные и подлежащие восстановлению. У деталей последней группы находят повреждения, в зависимости от сочетания которых определяют маршруты восстановления и формируют партии деталей, направляемые на участки восстановления.

На участках восстановления удаляют поврежденные места деталей, закрепляют дополнительные ремонтные детали, наносят восстановительные покрытия и обрабатывают поверхности для придания необходимых форм, размеров, расположения и шероховатости этих поверхностей и балансируют детали.

Наплавляемые и напыляемые покрытия наносят непосредственно на участках восстановления деталей, а гальванические и полимерные покрытия наносят на самостоятельных участках в силу специфики соответствующих процессов.

Комплектовочно-сборочный участок служит для группирования деталей по номенклатуре, массе и ремонтным размерам, узловой сборки, балансировки сборочных единиц и общей сборки. При узловой и общей сборке обеспечивают необходимую точность замыкающих размеров.

На участке окраски наносят на поверхности машин грунты, шпатлевки и эмали. Процесс нанесения декоративных покрытий обычно сопровождается высокотемпературной сушкой.

Процесс приработки собранных агрегатов обеспечивает изменение геометрических параметров сопряжений и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, тем самым готовит сопряжения деталей к восприятию эксплуатационной нагрузки.

Применяют цеховую, участковую и комбинированную структуру основного производства. Первую применяют на крупных ремонтных предприятиях с числом работающих свыше 500 человек. Предприятие, в зависимости от его специализации и кооперации с другими заводами, состоит из 3...5 хозрасчетных цехов с числом работающих в каждом цехе 125...300 человек. В

структуре управления цехом имеются начальник цеха, начальники смен, старшие мастера, мастера и бригадиры. Средне- и маломощные заводы в своем составе имеют участки, которые возглавляются старшими мастерами.

***Вспомогательное производство*** служит для обеспечения жизнедеятельности основного производства. Функции вспомогательного производства: изготовление средств ремонта (оборудования и оснастки), необходимых в основном производстве, но приобретение которых невозможно или нецелесообразно; ремонт оборудования и оснастки; обеспечение производства сжатым воздухом, холодом, тепловой и электрической энергией, технологическими газами, питьевой и производственной водой и свежим воздухом; удаление и переработка отходов; ремонт зданий, сооружений и инженерных сетей.

Вспомогательное производство включает отделы главного механика и энергетика, инструментальный и ремонтно-строительный участки.

***Обслуживающее производство*** обеспечивает бесперебойную работу основного и вспомогательного производства. Обслуживающие процессы: транспортирование, складирование и выдача материалов и полуфабрикатов, лабораторные испытания материалов и др. В результате обслуживающих процессов не создается продукция, а только выполняются услуги.

Внутризаводской транспорт производит внутри- и межцеховые, а также складские перевозки материалов, полуфабрикатов и изделий.

Общезаводские склады — это склад ремонтного фонда, запасных частей с участком расконсервации деталей, металлов, химикатов, лакокрасочных, горючесмазочных и лесоматериалов, сжатых газов, утиля, готовой продукции с участком консервации.

Лаборатории ремонтного завода: химическая, металлографическая, измерительная и надежности.

## ТИПЫ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В зависимости от объемов и видов ремонта выделяют три вида ремонтных производств: текущего ремонта в автотранспортных предприятиях; текущего и среднего ремонта в технических центрах производственных объединений, авторемонтных мастерских, производственных комбинатах и др.; среднего и капитального ремонта на специализированных ремонтных заводах.

Тип производства зависит от видов, регулярности выпуска и объема выпускаемой продукции. Он определяется значением коэффициента закрепления операций $К_{зо}$ за рабочими местами:

$$К_{зо} = О/р,$$

где О и р — соответственно число различных операций и рабочих мест на производстве.

Различают производство единичное, серийное и массовое. В массовом производстве на каждом рабочем месте выполняют одну операцию ($К_{зо} = 1$). В единичном производстве $К_{зо} > 40$, в мелкосерийном — $40 > К_{зо} > 20$, в серийном — $20 > К_{зо} > 10$ и в крупносерийном — $10 > К_{зо} > 1$.

***Единичное производство*** характеризуется малыми объемами выпуска одинаковых изделий, повторение ремонта которых не предусмотрено. Применяется в мастерских, оснащенных универсальным оборудованием и инструментом. Уровень механизации низкий, а квалификация рабочих высока.

***Серийное производство*** характеризуется ремонтом изделий, периодически повторяющимися партиями. Чаще всего применяется при ремонте автомобилей и агрегатов. В этом производстве используют универсальное оборудование со специальными приспособлениями или инструментом. Уровень квалификации рабочих — средний.

***Массовое производство*** характеризуется большими объемами выпуска продукции, непрерывно ремонтируемой в течение длительного времени. За каждым рабочим местом закреплена одна операция, что позволяет использовать конвейеры и специальное оборудование. Уровень квалификации рабочих невысокий. К условиям массового производства приближаются моторемонтные заводы и заводы по централизованному восстановлению деталей.

### СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Авторемонтные заводы могут быть специализированы по предметному признаку на предприятия по ремонту полнокомплектных автомобилей различных марок, или их частей (силовых агрегатов, двигателей, коробок передач, ведущих и неведущих мостов, электрооборудования, приборов питания, аккумуляторных батарей, топливной аппаратуры, шин и др.), или по восстановлению деталей. Возможна технологическая специализация, которая предусматривает закрепление за отдельными заводами технологических процессов ремонта (нанесения восстановительных покрытий, разборки и сборки и др.)

## 1.3. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Автомобили в ремонт доставляет заказчик, а ремонтный фонд агрегатов, как правило, доставляет централизованным порядком сам завод. Принятый ремонтный фонд хранится в закрытых поме-

щениях или под навесом. Агрегаты хранятся на технологических стеллажах или на подставках.

Автомобили, сдаваемые в ремонт, должны быть тщательно очищены от грязи и вымыты. Составные части, сдаваемые в ремонт отдельно, должны быть без жидкой смазки, герметизированы пробками или заглушками, а неокрашенные поверхности покрыты консервирующей смазкой.

Применительно к автомобилям и их составным частям действуют стандарты СТБ 928-93 — 930-93, устанавливающие общие технические требования и комплектность к объектам, сдаваемым в капитальный ремонт и выпускаемым из него. Стандарты устанавливают правила приемки в ремонт, комплектность и документацию, процедуру приемки, состояние техники, поступающей в ремонт и сдаваемой заказчику. Стандарты устанавливают, что машина проходит только один капитальный ремонт в течение времени своего существования.

Стандарт определяет первую комплектность для автомобилей-тягачей, грузопассажирских и пассажирских автомобилей и для силовых агрегатов в сборе. Первая и вторая комплектности предусмотрены для грузовых, специализированных и специальных автомобилей, для кабин и двигателей.

К автомобилям или агрегатам первой комплектности относятся полнокомплектные изделия со всеми составными частями. Вторую комплектность автомобиля определяет отсутствие платформы (фургона, цистерны, пожарного оборудования и т.д.) и деталей их крепления на шасси. Отсутствующие составные части агрегатов второй комплектности перечислены в стандарте СТБ 930-93.

Автомобиль в капитальный ремонт принимает представитель авторемонтного завода в присутствии заказчика. Приемка оформляется актом на основании заключения, которое составляется по результатам наружного осмотра, проверки с применением средств контроля, испытательного пробега автомобиля до 3 км, разборки или диагностирования.

Автомобиль, принятый в капитальный ремонт, должен быть в состоянии, обусловленном нормальной эксплуатацией и естественным износом деталей. На автомобиле не должно быть деталей, восстановленных способами, исключающими возможность их последующего использования или восстановления (например, приваркой вместо напрессовывания). Все сборочные единицы, приборы и детали должны быть закреплены так, как это предусмотрено конструкцией. В ремонт принимают автомобили только соответствующей комплектности. Автомобиль должен быть с годными колесами и аккумуляторной батареей. Автомобиль, принятый в ремонт, при необходимости консервируют.

Составные части автомобилей, сдаваемые отдельно, не должны содержать базовых или основных деталей, подлежащих списанию. Сказанное не относится к силовому агрегату. Не принимаются в капитальный ремонт двигатели с пробоинами и обломами стенок цилиндров, трещинами, захватывающими отверстия под гильзы, перемычки между цилиндрами, ребра жесткости коренных опор блока цилиндров, трещинами на коленчатом валу. Не принимаются в ремонт автомобили рамной конструкции при предельном состоянии кабины и рамы, а автомобили с кузовами несущей конструкции — при предельном состоянии кузова.

Автомобиль на разборочно-очистной участок подают с помощью конвейера.

Очистные и разборочные технологические воздействия, сменяя друг друга, превращают автомобиль из состояния ремонтного фонда во множество исходных заготовок (рис.1.2). Полученное множество деталей делят на три группы: годных, требующих восстановления и негодных. Работы по группированию деталей выполняют на участке сортировки. Годные к дальнейшему использованию детали без дальнейшей доработки направляются на комплектовочный участок. Детали, которые имеют устранимые повреждения и подлежат восстановлению, являются исходными заготовками и направляются в склад накопления. Детали, имеющие неисправимые повреждения, признаются утильными и направляются на участок переработки металлолома. Сортировке подлежат все детали разобранного автомобиля, рассмотренные в нормативной документации.

Детали с устранимыми повреждениями разделяются в складе накопления на группы с одинаковыми сочетаниями повреждений и в виде партий направляются на соответствующие участки восстановления.

Производство по восстановлению изношенных деталей является основой ремонтного производства. Оно обеспечивает энерго- и ресурсосбережение этого производства. Здесь используют уже существующие материал и форму детали. Исходная заготовка, полученная в результате разборки и очистки автомобиля, значительно дешевле заготовки автостроения, изготовленной в литейном или кузнечно-штамповом производствах. При восстановлении обрабатывают меньшее число поверхностей, что объясняет и меньшую трудоемкость обработки. Обоснованный процесс восстановления обеспечивает получение детали со свойствами, близкими к свойствам новой детали и даже превосходящими их. На участках централизованного восстановления деталей были впервые внедрены поточно-механизированные линии ремонтного производства.

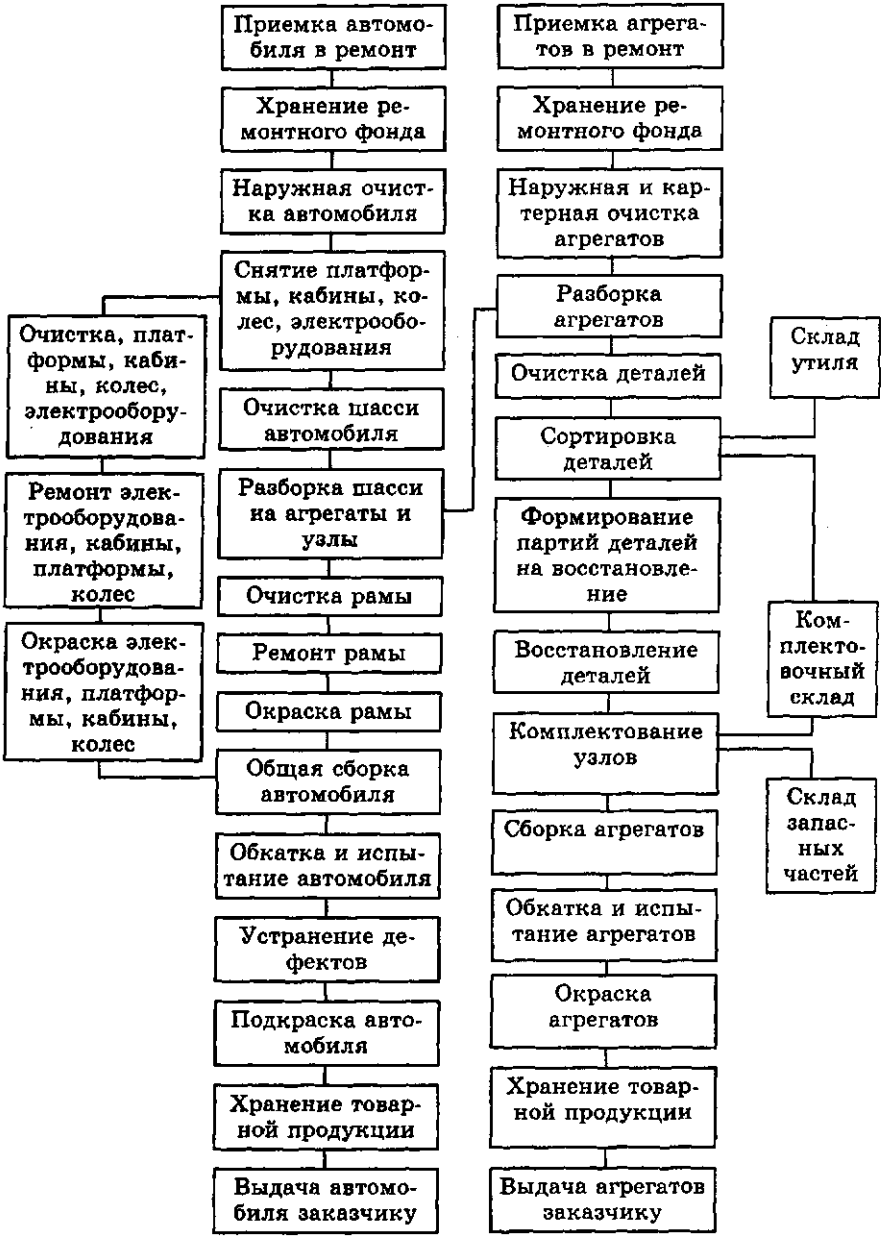


**Рис.1.2. Схема технологического процесса капитального ремонта автомобилей и агрегатов**

На специализированных участках по восстановлению отдельных деталей вначале исходные заготовки превращают в ремонтные заготовки путем создания припусков на восстанавливаемых элементах. Припуски создают из материала самой исходной заготовки или путем нанесения покрытий. Ремонтное производство располагает широким арсеналом способов создания припусков на восстанавливаемых поверхностях, обеспечивающих получение требуемых геометрических параметров и свойств детали. Это различные виды введения дополнительных ремонтных деталей, применения наплавок, напыления, нанесения гальванических и химических покрытий. Создание припусков в отдельных случаях сочетается с упрочнением восстанавливаемых элементов.

Ремонтные заготовки подвергают механической и термической обработке, в результате которой они превращаются в детали за счет восстановления ранее утраченных свойств. К этим свойствам относятся взаимное расположение, форма, размеры и шероховатость поверхностей и физико-механических свойства материала. В конце процесса восстановления определяют значения параметров, установленных картой технического контроля.

Восстановленные детали поступают на комплектовочный участок. Здесь формируют комплекты деталей ремонтируемых изделий. В эти комплекты входят детали, годные без восстановления, восстановленные и запасные части. Ряд деталей должен быть подобран в комплект по массе и размерам. Некоторые сборочные единицы должны иметь дебаланс в допустимых пределах. Такие сборочные единицы после узловой сборки проходят статическую или динамическую балансировку.

Полные комплекты деталей подают на универсальные сборочные посты, а на каждый из специализированных постов сборочного конвейера — части этих комплектов. При сборке обеспечивают точность зазоров или натягов в сопряжениях деталей, а также допустимые значения перекосов их осей. Здесь контролируют значения моментов затяжки ответственных резьбовых соединений.

Части автомобиля окрашивают с целью придания им товарного вида и защиты в будущем от вредного влияния окружающей среды. Некоторые автомобильные агрегаты прирабатывают. Двигатель приводят вначале от постороннего источника энергии, а затем заводят и постепенно повышают нагрузку по установленной программе. Собранный автомобиль обкатывают, а в заключение обкатки его испытывают или диагностируют.

Испытание заключается в измерении значений рабочих параметров с сопоставлением их с нормативными значениями, прослушивании и осмотре. Послеремонтное диагностирование оценивает качество ремонта автомобиля. По результатам испытания и диагностирования принимают решение о реализации автомобиля или его доработке. Если были выявлены дефекты, то они устраняются, а автомобиль направляется на повторные (возможно, сокращенные) испытания. Автомобиль, принятый контролером ОТК, консервируют для сохранения его исправности при хранении и сдают на склад готовой продукции.

## 1.4. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

### ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА

Ремонт автомобилей требует большого количества материалов, энергии и труда. Обеспечение минимального расхода этих ресурсов за счет наилучшего их использования при своевременном выполнении объемов производства и достаточном качестве ремонта и составляет сущность организации производства. Любое производство, в том числе и авторемонтное, стремится к наивысшей форме своей организации, которая характеризуется отсутствием потерь ресурсов и выпуском продукции строго через определенные промежутки времени.

Производство организуют в пространстве и во времени, как в масштабах завода и его цехов (участков), так и на каждом рабочем месте.

Производственный процесс организуют на основе следующих шести принципов: прямоточности, ритмичности, параллельности, пропорциональности, гибкости и непрерывности.

Прямоточность производства определяет минимальную транспортную работу по перемещению предмета ремонта и минимальную производственную площадь.

Ритмичность производства определяется выпуском продукции через установленные промежутки времени. К нарушению ритмичности приводят внеплановые простои оборудования и несвоевременное материально-техническое обеспечение.

Принцип параллельности означает параллельное выполнение отдельных частей производственного процесса — основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, что сокращает время пребывания автомобиля в ремонте.

Принцип пропорциональности заключается в том, что число рабочих на каждом рабочем месте должно быть пропорционально трудоемкости выполняемых на нем операций. Повышение степе-

ни пропорциональности процессов приводит к повышению производственной мощности, улучшению использования производственных фондов, снижению себестоимости продукции.

Гибкость производства — это способность за короткое время и при минимальных затратах переходить на выпуск новой продукции произвольной номенклатуры, не прерывая производственного процесса и не останавливая оборудования.

Непрерывность предполагает сокращение до минимума перерывов в последовательно выполняемых процессах производства. Показатель зависит от уровня специализации рабочих мест и потерь рабочего времени.

## ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ

Организация рабочих мест предполагает разделение и кооперирование труда между рабочими местами, подбор оборудования и оснастки, рациональную планировку, оценку трудовых затрат, внедрение рациональных методов и приемов, бесперебойное обслуживание, создание благоприятных и безопасных условий труда и обеспечение оптимальной его интенсивности, выполнение наилучшего соотношения труда и отдыха, повышение квалификации рабочих. На каждое рабочее место составляют паспорт, в котором указывают содержание работы, суточное задание, режим и условия работы, планировку и порядок обслуживания.

По степени специализации рабочих мест различают такие организационные формы выполнения работ: ремонт на универсальных постах, ремонт на специализированных постах, поточный ремонт.

Ремонт на универсальных постах выполняют в том случае, если объем ремонта изделий данного типа небольшой, а их конструкция не допускает раскомплектования составных частей. Эта форма организации малоэффективна и применяется на маломощных предприятиях. При такой организации работ ремонт выполняет одна бригада рабочих, которая ведет все работы от начала до конца. Детали, требующиеся для восстановления специализированного оборудования, направляют на соответствующие участки. Такая организация работ отличается простотой, а исполнители определенно отвечают за качество ремонта. Однако в этом случае автомобиль находится в ремонте длительное время, а рабочие должны иметь высокую квалификацию. Ремонт получается дорогой.

Ремонт на специализированных постах организуют при увеличении его объемов. В условиях такой организации работ на каждом посту выполняется ремонт одного узла. Применение специализированных постов позволяет повысить производительность труда, сни-

зить требования к квалификации рабочих и уменьшить за счет этого стоимость ремонта. Эта форма организации применяется на предприятиях средней мощности и в крупных ремонтных мастерских.

Наиболее совершенной формой организации производства является поточный ремонт машин. При этой форме технологические операции закрепляются за рабочими местами, расположенными в технологической последовательности. Предмет ремонта перемещается конвейером или транспортером непрерывно или с перерывом через некоторые интервалы времени. Поточное производство требует ритмичной синхронной работы всех рабочих постов, четкого бесперебойного функционирования всех производственных подразделений, обслуживающих поточную линию, обеспечения инструментами, энергией, материалами и деталями. Поточная форма организации производства обеспечивает наивысшую производительность труда, не требует использования высококвалифицированных рабочих и, следовательно, снижает себестоимость ремонта.

## ОБЕЗЛИЧЕННЫЙ И НЕОБЕЗЛИЧЕННЫЙ МЕТОДЫ РЕМОНТА

По признаку принадлежности восстанавливаемых составных частей к определенному экземпляру изделия различают обезличенный и необезличенный методы ремонта. При необезличенном методе ремонта принадлежность частей машины к определенному ее экземпляру сохраняется, а при обезличенном — эта принадлежность не сохраняется. Обезличенный метод ремонта, при котором неисправные агрегаты заменяются новыми или заранее отремонтированными, называется агрегатным.

Индустриализация ремонта в 50-60-х годах с поточной формой организации труда привела к большим достижениям в централизованном восстановлении деталей на поточно-механизированных линиях, внедрению прогрессивных способов, а также и к обезличиванию предмета ремонта. Однако обезличенный ремонт приводит к недоиспользованию остаточного ресурса сопряжений, нарушению взаимного расположения поверхностей деталей, достигнутого в результате их приработки, эксплуатации и стабилизации внутренних напряжений в материале деталей, росту дисбаланса, изменению параметров зацепления шестерен и т.д.

Зная, что из обезличенного ремонта невозможно получить обратно ранее сданное изделие, заказчик не сдает в заводской обезличенный ремонт малоизношенный агрегат, который требует первого капитального ремонта, а ремонтирует его у себя, не имея для этого соответствующей материальной базы.

По указанным причинам более актуальным становится ремонт с сохранением принадлежности деталей к конкретному агрегату при поточной организации производства и использовании специализированного оборудования.

Следует отметить, что сохранение принадлежности деталей к агрегату усложняет их учет, требует применения контейнеров и стеллажей для хранения комплектов, увеличения производственной площади, сроков ремонта, трудоемкости, безразборного определения повреждений и остаточного ресурса.

Сохранять принадлежность всех без исключения деталей к агрегату во время его ремонта нет смысла. Можно обезличивать детали, которые после данного ремонта агрегата не будут восстанавливаться в будущем (прокладки, сальники), детали, исчерпавшие ремонтные размеры (коленчатые и распределительные валы), детали, имеющие большой остаточный ресурс, но малую стоимость (крепежные и стопорящие детали, крышки, кронштейны). Комплект деталей не сохраняется, если выбракована или утеряна основная корпусная деталь.

В сохраняемом комплекте должны быть детали, которые обрабатывались на заводе-изготовителе совместно (корпусные детали с крышками опор и картерами), детали, соприкасающиеся стыками, которые не проходят механическую обработку при ремонте (корпусная деталь с крышками), а также дорогие детали, имеющие остаточный ресурс, равный не менее двум межремонтным наработкам, сборочные единицы, прошедшие динамическую балансировку.

Сохранение комплектов деталей при ремонте уменьшает на 38...42% объем механических и балансировочных работ. Такая форма организации эффективна при ремонте агрегатов до 4...6 тыс. в год. Она обеспечивает сбережение остаточной долговечности восстанавливаемых деталей, значительное повышение как эффективности, так и качества ремонта.

По организации выполнения различают методы ремонта эксплуатирующей организацией, специализированной организацией и фирменный ремонт (силами завода-изготовителя).

Специализация ремонтных заводов изменяется с потребностями рынка. Наблюдается переход от ремонта полнокомплектных машин к ремонту их агрегатов. Организуют ремонт основных сборочных единиц агрегатов (например, цилиндропоршневых групп, коленчатых валов с маховиком и сцеплением и др.) с восстановлением малоресурсных деталей (поршней, вкладышей коленчатого вала), которые ранее подлежали замене на новые. Комплекты из отремонтированных сборочных единиц и восстановленных деталей с

прокладками и крепежными изделиями применяют в автохозяйствах при среднем или текущем ремонтах автомобилей.

## ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

В технологическое оснащение включают оборудование и оснастку. В зависимости от соотношения расходов энергии живой и неживой природы при работе технологического оснащения его делят на такие виды: механизированно-ручное, механизированное, полуавтоматическое и автоматическое. В автоматическом оснащении используют только энергию неживой природы (в том числе и для целей управления).

При объемах ремонта до 2...4 тыс. агрегатов в год следует применять механизированно-ручное оснащение, полуавтоматическое оснащение — при объемах 20...40 тыс. агрегатов в год и при промежуточных значениях объемов ремонта — механизированное оснащение.

# Раздел 2. РАЗБОРОЧНО-ОЧИСТНОЙ ПРОЦЕСС РЕМОНТА

## 2.1. РАЗБОРКА АВТОМОБИЛЕЙ И АГРЕГАТОВ

Разборочный процесс дает ремонтному предприятию около 20% деталей, годных для дальнейшего применения без ремонтных воздействий, и 40...60% деталей в виде исходных заготовок, пригодных для восстановления и повторного применения в отремонтированных автомобилях. Разборочное производство по сути является заготовительным производством, которое обеспечивает полуфабрикатами участок восстановления деталей и частично удовлетворяет потребность сборочного участка в годных деталях. Трудоемкость разборочных работ составляет 6...8% от общей трудоемкости ремонта автомобилей.

### СОСТАВ РАЗБОРОЧНЫХ РАБОТ

Основные работы, выполняемые на разборочном участке, — разборка резьбовых и прессовых сопряжений. Например, при разборке автомобильного двигателя разъединяют около семисот резьбовых сопряжений. Моменты отворачивания резьбовых деталей после их длительной эксплуатации могут в 1,5...3 раза превышать значения моментов затяжки. Двигатель имеет около 50 наименований прессовых соединений. Значения усилий для их разборки в 1,20...1,25 раза превосходят соответствующие значения сборочных усилий. В АРП нерегулярно разбирают и неразъемные соединения (заклепочные, клеевые, паяные, сварные и др.). Разборка сопровождается большим объемом работ по перемещению предмета ремонта.

Разборку автомобиля по предметному признаку подразделяют на общую и узловую. Автомобиль последовательно разбирают на агрегаты в результате общей разборки, а затем в процессе узловой разборки агрегаты разбирают на детали (рис.2.1). Такая последовательность позволяет параллельное выполнение разборочных работ. При разборке пользуются только специально предназначенными приспособлениями, которые определены технологической документацией. Ряд сборочных единиц (блок цилиндров с картером сцепления и крышками коренных подшипников, шатуны с крышками нижних головок, картер редуктора заднего моста с крышками, разборные подшипники и др.) при изготовлении обрабатываются совместно, поэтому при ремонте не разукомплектовываются.

**Рис.2.1. Схема разборки автомобиля**

Разборочные и очистные работы выполняются на одном производственном участке, сменяя друг друга. Совмещенный разборочно-очистной процесс включает: очистку наружных и внутренних поверхностей неразобранного автомобиля, частичную, называемую обычно подразборкой, очистку подразобранного автомобиля, общую и узловую разборку; общую очистку деталей и сборочных единиц, разборку сборочных единиц, очистку деталей от прочных загрязнений, сбор, очистку и сортировку крепежных деталей.

Таким образом, рассматриваемый процесс содержит четыре операции очистки и три операции разборки. Перед разборочными воздействиями желательна сушка разбираемых объектов с их охлаждением, чтобы улучшить условия работы.

## СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ РАЗБОРКЕ

В качестве установочно-транспортного средства при общей разборке машин применяют конвейер, эстакаду или стенды.

Конвейерное перемещение предмета ремонта между технологическими позициями и применение специального оборудования уменьшает трудоемкость разборки.

Разбираемый агрегат при общей разборке устанавливают на поворотную раму, которая размещается в зоне действия рук рабочего с инструментом. Агрегат должен иметь возможность технологического вращения вокруг вертикальной или горизонтальной оси.

Наибольшая доля резьборазборочных работ выполняется при общей разборке агрегата. Одиночные резьбовые соединения разбирают с помощью пневматических или электрических гайковертов.

Распространенный пневматический гайковерт УПГ-16, который обеспечивает разборку резьбовых сопряжений диаметром до 16 мм, развивает максимальный момент на ключе — 200 Нм, потребляет сжатый воздух под давлением не менее 0,3 МПа, обладает массой 3,5 кг. Пневматические гайковерты имеют малый КПД (7...10%) и издают сильный шум при работе.

Электрические гайковерты по сравнению с пневматическими имеют более высокий КПД (50...60%) и требуют меньших эксплуатационных расходов. Эти гайковерты оснащены высокочастотными электродвигателями, потребляющими ток частотой 200 Гц и напряжением 36 В.

В приводах шпинделей гайковертов применяют ударно-импульсные муфты, которые увеличивают момент отворачивания и уменьшают реактивный момент, передаваемый на руки рабочего.

Специализированные разборочные посты оснащают стационарными одношпиндельными электрическими гайковертами, установленными на колоннах, или многошпиндельными гайковертами, которые устанавливают на подвеске.

Применение многошпиндельных гайковертов повышает производительность разборки в 6...8 раз по сравнению с применением ручных одношпиндельных гайковертов.

Прессоразборочные работы выполняют при узловой разборке с помощью ручных винтовых, механизированных пневматических или гидравлических устройств. Гидравлические прессы работают под большим давлением (до 200 МПа) и имеют меньшие размеры. При больших объемах разборки целесообразно применение специальных гидравлических установок, которые обеспечивают высокую производительность.

Приспособление для снятия гильзы цилиндра (рис.2.2) содержит цилиндр 7 с заплечиками, которыми он устанавливается на стенки блока цилиндров, и поршень 6 со штоком 5. На штоке соосно ему установлен клин 3 со штифтом 4. Клин нагружен отжимающей пружиной 2. В нижней части штока на осях установлены захваты 1 для гильзы.

При подаче масла под давлением в полость цилиндра 7 над поршнем 6 последний движется вниз. Пружина 2 поднимает клин до упора штифтом 4 в стенку штока, при этом усилие от клина на захваты не передается.

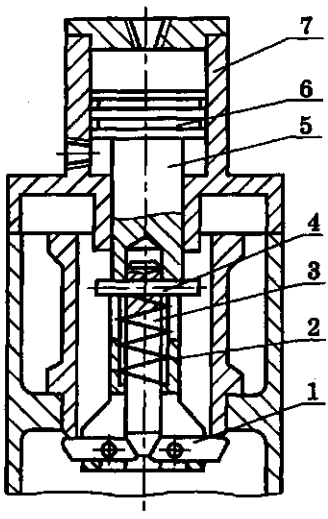


**Рис.2.2. Приспособление для снятия гильзы цилиндра: 1 — захват; 2 — пружина; 3 — клин; 4 — штифт; 5 — шток; 6 — поршень; 7 — гидроцилиндр**

Приспособление вводится в отверстие гильзы цилиндра, захваты 1, поворачиваясь на своих осях, этому не препятствуют. Когда цилиндр 7 своими заплечиками касается блока цилиндров, захваты 1 под действием собственного веса располагаются горизонтально и касаются площадок штока.

Масло под давлением подается в полость цилиндра под поршнем. Сила давления от поршня 6 передается через захваты 1 к снимаемой гильзе. Штифт 4 клина, после извлечения гильзы из блока, упирается в стенку штока. Остановившийся клин 3 действует на захваты 1, внешние концы которых, поднимаясь, перемещаются к центру и освобождают гильзу.

Для перемещения разбираемых объектов и деталей применяют монорельсовые пути, кран-балки, консольные краны, транспортеры, подвесные конвейеры, электрокары и автопогрузчики.

## ЗНАЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РАЗБОРОЧНЫХ РАБОТ

Детали, поступающие на сборку, имеют различную стоимость. Годные детали без восстановления обходятся производству в 5...10% от отпускной цены, восстановленные — в 30...40%. Замена выбракованных деталей на новые обходится в 110...150% их отпускной цены за счет транспортных и накладных расходов.

Сохранность деталей при разборке обеспечивается применением специализированных стендов, учетом деталей и внедрением системы оплаты труда за сданные ныа посты сортировки неразрушенные детали.

Технологические мероприятия, обеспечивающие сохранность деталей, сводятся к исключению ручной или ударной разборки. Последняя приводит к изломам деталей, трещинам в корпусных деталях, погнутости листовых деталей, разрушению резьб, забоинам на точных поверхностях, изогнутости длинных деталей и др. Такие повреждения увеличивают расход запасных частей до 15%, а объем восстановительных работ — до 20%.

### СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗБОРКИ (СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ)

Процесс разборки может быть поточным и непоточным. Поточную разборку автомобиля на агрегаты и агрегатов на сборочные единицы выполняют на конвейерах. Разборка при непоточной организации может быть на универсальных, специализированных и смешанных постах.

Поточная форма организации разборки наиболее прогрессивная, дает высокое качество разборки, высокую производительность труда и низкую себестоимость работ.

В зависимости от количества видов разбираемых объектов поточные линии могут быть одно- и многопредметными. Многопредметные линии подразделяются на переменно-поточные и групповые.

Крупные АРП организуют разборку на однопредметных поточных линиях. На АРП с разномарочной небольшой программой применяют многопредметные поточные линии. На переменно-поточных линиях поочередно разбирают весь суточный объем агрегатов одного наименования или его часть, затем приступают к разборке агрегата другого наименования и т.д. В течение соответствующих периодов времени на участок сортировки деталей поступают изделия одного наименования. Однако такая организация создает ряд трудностей (создание большого задела агрегатов, переналадка оборудования и др.). Групповая поточная линия приспособлена для одновременной разборки агрегатов разных наименований с последовательным их чередованием в зависимости от наличия ремонтного фонда и потребности в объектах для ремонта.

## 2.2. ОЧИСТКА АВТОМОБИЛЕЙ, АГРЕГАТОВ И ДЕТАЛЕЙ

### ЗНАЧЕНИЕ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Автомобиль, поступающий в ремонт, несет на своих поверхностях до ста килограммов загрязнений. Полная очистка от них определяет культуру производства, объективность сортировки и контроля деталей, качество восстановления и послеремонтную наработку. Хорошо очищенные объекты ремонта легче разбираются и меньше повреждаются. Некачественная очистка деталей снижает послеремонтную наработку автомобиля на 20...30%.

Допустимая загрязненность поверхностей зависит от класса их шероховатости. Так, например, на поверхностях с шероховатостью 9-го класса допустима остаточная загрязненность 2,5 г/м$^2$, а на поверхностях с шероховатостью 4-го класса — 12,5 г/м$^2$.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Эксплуатационные загрязнения (рис.2.3) на наружных и внутренних поверхностях различны. На наружных поверхностях находятся кремнеземные отложения и остатки материалов, которые перевозил автомобиль, масла и смазки, маслогрязевые отложения, герметизирующие мастики, лакокрасочные покрытия, продукты коррозии. Внутренние поверхности оказываются в поле зрения рабочего после разборки агрегата. Загрязнения внутри агрегатов представляют собой углеродистые отложения как результат старения и химико-термического превращения смазочных материалов и топлива, продукты износа, остатки герметизирующих паст и прокладок, а также накипь.

**Рис.2.3. Классификация загрязнений**

Углеродистые отложения состоят из таких групп веществ: масел и нейтральных смол, оксикислот, асфальтенов, карбенов и карбоидов, несгораемого остатка (золы).

Асфальтосмолистые отложения состоят из веществ, которые не растворяются в масле и обладают большей по сравнению с ним плотностью. Состав отложений: окисленные масла и смолы — 40...80%, карбены, карбоиды и зола — 10...30%.

Лаковые отложения (пленки) образуются на немногочисленной группе деталей, например на шатунах и поршнях, за счет тонкослойного окисления масла.

Основу нагара составляют карбены и карбоиды (30...70%), масла и смолы (8...30%), остальное — оксикислоты, асфальтены и зола. Большое количество нерастворимых или труднорастворимых компонентов нагара затрудняет его удаление.

На внутренних стенках радиаторов, патрубков и рубашек охлаждения двигателей откладывается накипь. Ее образование обусловлено содержанием в воде в растворенном состоянии солей кальция и магния.

Характеристика основных загрязнений деталей машин приведена в табл.2.1. Наибольшие технологические трудности представляет снятие прочных загрязнений (нагара и накипи), которые обладают наибольшей прочностью соединения с металлами — 7 и 20 МПа соответственно.

**Таблица 2.1**

**Виды и характеристики загрязнений поверхностей**

| Загрязнения | Сборочные единицы, детали | Характеристики загрязнений | |
|---|---|---|---|
| | | Толщина, мм | Предел прочности при сжатии, МПа |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Масляно-грязевые | Картеры, крышки, поддоны | до 10 | 2...5 |
| Масла и смазки | Корпусные детали, валы, шатуны, детали системы смазки | 5 | 1...2 |
| Лакокрасочные покрытия | Детали с окрашенными поверхностями | 0,1 | 30 |
| Продукты коррозии | Кузова, кабины, рамы, корпуса | 3 | 40 |
| Накипь | Радиаторы, блоки, гильзы и головки цилиндров | 3 | 30 |
| Асфальтосмолистые отложения | Блок цилиндров, коленчатый вал, шатуны | 0,5 | 10 |
| Нагар | Головка цилиндров, поршни, коллекторы | 1 | 30 |

Детали машин в процессе восстановления покрываются технологическими загрязнениями (окалиной, стружкой, притирочными пастами, смазочными маслами, очистными материалами, продуктами приработочного износа и др.). Такие загрязнения уступают эксплуатационным по прочности и массе, но они должны быть также удалены с деталей перед сборочными операциями.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Энергия при очистке поверхностей от загрязнений затрачивается на разрушение загрязнений и на последующее отделение их от поверхности. Невозможность разрушения и удаления загрязнений физико-химическими способами требует применения энергоемких механических способов разрушения этих загрязнений.

Очистные средства подразделяются по виду основного эффекта, сопровождающего процесс, на растворяющие, эмульгирующие и диспергирующие. Наибольшая доля загрязнений снимается с поверхностей деталей в очистных растворах. Действие этих растворов состоит в отделении жидких и твердых загрязнений с поверхности изделия, переводе их в раствор в качестве растворенного вещества или в виде эмульсий или дисперсий и защите очищенной поверхности от оседания частиц загрязнений.

Основные явления, обусловливающие очистное действие, включают растворение, физико-химическую адсорбцию, смачивание, эмульгирование, диспергирование и стабилизацию.

Растворение — это процесс образования однородной системы из двух веществ с равномерным распределением одного вещества в другом.

Процесс адсорбции, как увеличение массовой доли растворенного активного вещества у поверхности загрязнений, уменьшает прочность его соединения с металлической поверхностью и прочность самого загрязнения за счет образования микротрещин в загрязнении и его последующего механического разрушения.

Смачивание заключается в растекании капли жидкости, помещенной на поверхность твердого тела. Это свойство зависит от поверхностного натяжения жидкости, сочетания составов жидкости и твердого тела. Смачивание — результат межмолекулярного взаимодействия сред на границе соприкосновения трех фаз «твердое тело — жидкость — газ».

Силы в поверхностном слое жидкости стремятся придать ей такую форму, чтобы ее поверхность была наименьшей. На каждую элементарную площадку у края жидкости, растекающейся по поверхности твердого тела (рис.2.4), действует сила $P_1$ на границе «твердое тело — газ», $P_2$ — «твердое тело — жидкость» и $P_3$ — «жидкость — газ». Жидкость растекается по поверхности при благоприятном соотношении этих сил, зависящих от свойств взаимодействующих веществ. Краевой угол смачивания $\varphi$ определяется из соотношения:

$$\cos\varphi = \frac{P_3}{P_1 - P_2}. \qquad (2.1)$$

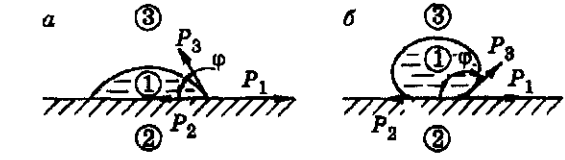


**Рис.2.4. Схема взаимодействия капли жидкости с поверхностью твердого тела и газовой средой: *а* — смачивание поверхности; *б* — поверхность не смачивается; 1 — капля жидкости; 2 — твердое тело; 3 — газовая среда (воздух)**

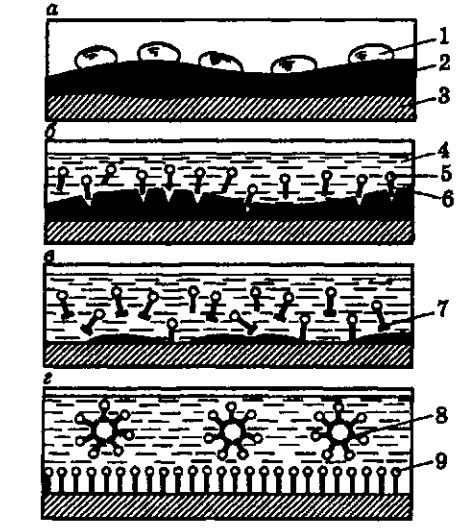


**Рис.2.5. Схема очистного процесса в жидких технологических средах: *а-г* — этапы процесса; 1 — капли воды; 2 — загрязнение; 3 — очищаемая поверхность; 4 — моющий раствор; 5 — гидрофильная часть молекулы ПАВ; 6 — гидрофобная часть молекулы ПАВ (радикал); 7 — перевод частиц загрязнений в раствор; 8 — частицы загрязнения, стабилизированные в растворе; 9 — адсорбированные молекулы ПАВ на очищенной поверхности**

Процесс смачивания позволяет очистному раствору проникать в поры и трещины твердого тела.

На границе очищаемой поверхности и раствора имеется пограничный слой молекул, не уравновешенных жидкой средой. Молекулы слоя подвержены притяжению молекул всего объема этой жидкости, поэтому слой обладает избытком свободной энергии или адсорбционной активностью. Избыток свободной энергии определяет поверхностную энергию или натяжение. Поверхностное натяжение измеряют работой, которую необходимо затратить для увеличения поверхности жидкости на 1 $см^2$, а произведение поверхностного натяжения на величину поверхности называют свободной поверхностной энергией. Способность вещества понижать свободную поверхностную энергию характеризует его поверхностную активность. Вещество, понижающее поверхностное натяжение раствора, называют поверхностно-активным веществом (ПАВ).

ПАВ представляют собой полярные органические соединения. Полярность ПАВ обусловлена строением молекул, состоящих из гидрофобной и гидрофильной частей. Гидрофобная (водоотталкивающая) часть молекулы способствует растворению ПАВ в масле, а гидрофильная часть молекулы способствует растворению ПАВ в воде.

Капиллярные давления раствора в порах достигают значений 150...260 МПа, а расклинивающее давление в микротрещинах — 80...100 МПа, что обеспечивает дробление твердой среды.

Наибольшее применение в очистных процессах имеют коллоидные (мылоподобные) ПАВ, которые в водных растворах имеют высокую поверхностную активность. Щелочные добавки обеспечивают эффективное очистное действие раствора при меньшем расходе ПАВ.

Загрязнения, как правило, состоят из жидкой (масла, смолы) и твердой (пыль, асфальтены, карбены и др.) частей. Такие загрязнения удаляют с поверхности изделия путем эмульгирования жидкой фазы (образования эмульсий) и диспергирования твердой фазы (образования дисперсий).

Суть стабилизации процесса очистки заключается в способности очистного раствора удерживать в своем объеме загрязнения, препятствуя обратному осаждению их на очищенные поверхности детали.

Процесс очистки поверхности металла от загрязнения в жидком растворе ПАВ можно представить множеством воздействий (рис.2.5).

Вода, обладающая большим поверхностным натяжением, не смачивает гидрофобные загрязнения, а стягивается в отдельные капли. Растворение в воде очистного средства уменьшает поверхностное натяжение раствора, что приводит к проникновению его в трещины и поры загрязнения. Капиллярное и расклинивающее действие раствора приводит к разрушению загрязнений. Отколовшиеся грязевые частицы переходят в раствор. Молекулы ПАВ адсорбируются на загрязнениях и очищенной поверхности и препятствуют укрупнению частиц и оседанию их на поверхности. В результате частицы загрязнений во взвешенном состоянии стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним.

## ОЧИСТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ

Наибольшее распространение получили жидкие очистные среды на основе органических растворителей, растворяюще-эмульгирующих и технических моющих средств (ТМС).

Органические растворители (керосин, уайт-спирит, бензол, толуол, этиловый спирт, ацетон, хлористый метилен, трихлорэтилен и ряд других) обладают способностью растворять находящиеся на поверхностях загрязнения, образуя однофазные растворы переменного состава. Органические растворители обладают незначительным поверхностным натяжением. Некоторые из них пожароопасны. Их применяют для очистки внутренних полостей агрегатов, крепежных и мелких деталей, топливной аппаратуры и электрооборудования.

При достижении предельной массовой доли растворенных загрязнений процесс очистки прекращается. Этот недостаток частично устраняют применением растворяюще-эмульгирующих средств (РЭС). РЭС состоят из базового растворителя, сорастворителя, ПАВ и небольшой добавки воды. Сорастворитель обеспечивает однородность и стабильность раствора с эмульгированным (диспергированным) загрязнением. Базовыми растворителями служат ксилол, уайт-спирит и хлорированные углеводороды. В качестве сорастворителей применяют ализариновое масло, канифоль и трикрезол. Детали после извлечения из РЭС помещают в воду или раствор ПАВ, где происходит эмульгирование или диспергирование загрязнений.

Создание ТМС на основе ПАВ и щелочных электролитов — одно из важнейших достижений в области очистки техники.

Щелочные электролиты в ТМС повышают активность ПАВ. Щелочную реакцию раствору придают как щелочи, так и щелочные соли. Из щелочей применяют едкий натр. В качестве щелочных солей наиболее часто применяют кальцинированную соду, силикаты и фосфаты. Щелочные вещества смягчают воду, нейтрализуют свободные жирные кислоты, обволакивают загрязнения и поддерживают определенную концентрацию водородных ионов (показатель pH).

ТМС являются многокомпонентными смесями химических веществ, каждое из которых выполняет определенные функции в процессе очистки. Состав ТМС подбирают для применения в конкретном технологическом процессе очистки деталей из определенного материала от заданных загрязнений. Исходное состояние большинства ТМС — порошкообразное. Из ТМС наибольшее распространение получили Лабомид, МС, МЛ, Викол, Темп и др. Массовая доля ТМС в растворах составляет 15...30 г/л, а рабочая температура раствора — 80...90 °С.

Высокая щелочность и повышенное коррозионное воздействие на поверхность деталей из цветных металлов и сплавов потребовали применения ТМС на основе молекулярных ПАВ в смеси с растворителями и органическими добавками к ним. К ним относятся Вертолин-74, Истра, Импульс, Фокус-74, ТМС-57, Омега и др. Необходимое сочетание потребительских свойств обеспечивается при условии получения ТМС в жидком виде.

Средства Анкрас и СЭП-411 применяют для удаления старых лакокрасочных покрытий.

Внедрение ТМС обеспечивает снижение стоимости очистных растворов на 40...60% и сокращение времени очистки в 5...7 раз по сравнению с органическими растворителями.

Для продления срока службы раствора и экономии ТМС необходима его очистка от частиц загрязнений. Применяют процессы процеживания, отстаивания, коагуляции, флотации и фильтрования раствора с загрязнениями.

**Твердые очистные среды, расплавы, кислоты и щелочи.** Прочные неомыляемые загрязнения (нагар и накипь) удаляют с поверхности детали путем их механического дробления потоком твердых частиц (косточковой крошкой фруктовых растений, стеклянными шариками диаметром 0,3...0,8 мм, частицами полиэтилена или полиамида, корундом, чугунной и стальной дробью, кварцевым песком). Среда переноса этих частиц — сжатый воздух, вода, растворы ТМС.

Применяют расплав солей и щелочей при температуре 380...420 °С, который очищает детали от всех загрязнений и состоит из едкого натра, азотнокислого натрия и хлористого натрия.

Серную и соляную кислоты в водных растворах используют для травления, очистки от продуктов коррозии, накипи, лакокрасочных покрытий и асфальтосмолистых отложений.

**Процессы и средства очистки.** В начале процесса ремонта автомобиль очищают от эксплуатационных загрязнений, а в завершение восстановления деталей и перед окраской агрегатов с поверхностей удаляют технологические загрязнения.

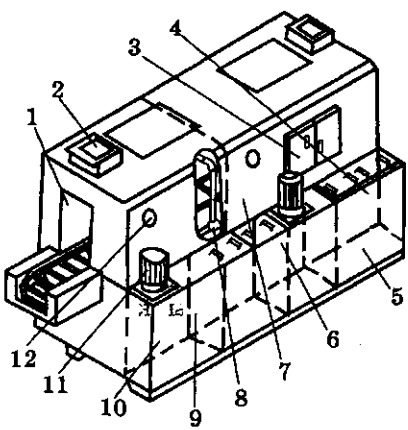


**Рис.2.6. Машина для струйной очистки деталей: 1 — тамбур; 2 — вентиляционный отвод; 3 — люк; 4 — флотационный отсек; 5 и 9 — фильтры напорные; 6 — ванна с раствором и нагревательными элементами; 7 — очистная камера; 8 — система гидрантов; 10 — емкость подачи раствора; 11 — насосный агрегат; 12 — приборы**

Приборы электрооборудования (генераторы, стартеры, катушки зажигания и др.) очищают в специальных машинах из-за непрочности их материалов.

Качественную очистку машин обеспечивает многостадийный процесс. Он включает наружную очистку с выпариванием картерных полостей, очистку подразобранных агрегатов, очистку сборочных единиц, общую очистку деталей и очистку деталей от прочных загрязнений.

На первой стадии очистки удаляют до 80% загрязнений, главным образом, маслопочвенных и масляных с продуктами износа и готовят автомобиль для разборки на агрегаты. Последующие стадии очистки проходят последовательно агрегаты (со снятыми головками, люками и крышками) и сборочные единицы (узлы) этих агрегатов. Детали после разборки агрегата проходят общую очистку, а затем детали,

имеющие прочные загрязнения, проходят отдельную очистку в специальных технологических машинах.

Наибольшая доля очистных работ протекает в жидких технологических средах в струйных или погружных машинах конвейерного или тупикового типа.

Автомобиль в сборе проходит на транспортере сквозь душевое устройство струйной машины с технологической скоростью 0,2...0,5 м/мин или погружную очистку на качающейся платформе.

Основные элементы струйной машины (рис.2.6): рабочая камера 7, ванна с раствором 6, фильтры 5 и 9, насосный агрегат 11, система гидрантов 8, транспортирующее устройство. При работе машины насос подает технологическую очистную среду под давлением 0,2...1 МПа в систему гидрантов. Гидранты представляют собой фигурные трубопроводы со множеством сопел. Форма гидрантов, число и направление сопел обеспечивают формирование струй, направленных в наиболее загрязненные места.

В процессе очистки объекты поступательно перемещаются на транспортере или подвесном конвейере относительно гидрантов.

Погружная машина крестово-роторного типа (рис.2.7) включает ванну 4, внутри которой на опорах установлен вал 3 с крестовинами, теплообменник 1, маслосборник 5 и устройство для сбора загрязнений 6. На шипы крестовины устанавливают контейнеры 2. Вал приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу и редуктор. Дно ванны выполнено с уклоном для облегчения удаления шлама.

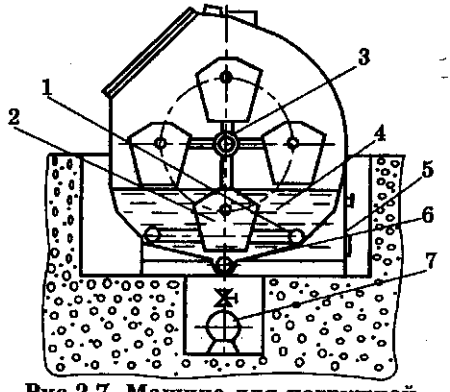


**Рис.2.7. Машина для погружной очистки роторного типа:**
**1 — теплообменник;**
**2 — контейнер; 3 — вал с крестовинами; 4 — ванна;**
**5 — маслосборник;**
**6 — устройство сбора загрязнений;**
**7 — грязесборник**

Контейнеры с очищаемыми объектами устанавливают на шипы крестовин при открытой крышке ванны. Включают привод вращения вала. Контейнеры с объектами очистки периодически 3...10 раз в минуту погружаются в очистной раствор и извлекаются из него. Раствор перемещается относительно наружной поверхности агрегатов и последовательно заполняет их полости и вытекает из них во время нахождения очищаемых объектов в растворе и над ним соответственно.

Струйные машины легко приспосабливаются к конвейерной очистке, они менее металлоемки, у них меньшая мощность механического привода, однако эти машины требуют большего расхода тепловой энергии на нагрев раствора (общая поверхность образующихся капель составляет 10...15 тыс. м$^2$ на каждый литр раствора). У этих машин большой расход тепла, связанный с работой вентиляции, растворы не предназначены для отделения прочных загрязнений. Высокая кратность перекачки очистного раствора (до 20 раз в час) приводит к образованию стабильных эмульсий частиц загрязнений в растворе, в результате чего растворы быстро загрязняются.

Погружные машины лишены ряда приведенных недостатков, однако требуют больших трудозатрат на загрузку и выгрузку деталей.

Прецизионные пары форсунок и детали карбюраторов очищают в средах, под воздействием ультразвука с частотой 20 кГц и более. В этом случае на поверхностях деталей возникают кавитационные процессы, разрушающие пленки жиров. Загрязнения превращаются в эмульсию и уносятся с очищающей средой.

В конце технологического процесса поверхности деталей очищают от прочных загрязнений. Хотя их масса составляет не более 10% от общей массы загрязнений, но для своего отделения требуют большого расхода энергии и применения оборудования, специализированного по видам отделяемых загрязнений и очищаемого материала.

Асфальто-смолистые отложения и остатки лакокрасочных покрытий снимаются с деталей из черных металлов в роторных погружных машинах, заправленных 1,5...3%-ным раствором каустической соды. Этот способ очистки деталей требует последующего их ополаскивания в растворе ТМС.

Широко применяется очистка деталей из алюминиевого сплава от прочных загрязнений потоком косточковой крошки, зернами полиэтилена или полиамида в струе сжатого воздуха. В производство внедряется процесс очистки деталей потоком стеклянных шариков диаметром 0,3...0,8 мм. Этот вид очистки по сравнению с очисткой деталей косточковой крошкой является более производительным, имеет меньшую стоимость очистного агента, а процесс легче механизируется. Стеклянная сфера при ударе о поверхность детали не оставляет на ней следа.

Масляные каналы блоков цилиндров промывают ТМС на основе лабомида или МС в специальных установках с пульсирующей подачей раствора под давлением.

**Контроль остаточной загрязненности.** В зависимости от степени очистки применяют различные способы контроля остаточной загрязненности: весовой, люминесцентный и смачивание водой. При использовании весового способа загрязнение снимают путем

растворения (с последующей экстракцией) или соскабливания, взвешивают и относят к площади поверхности. Люминесцентный способ основан на свойстве масел светиться под влиянием ультрафиолетового света. Способ смачивания водой основан на способности металлической поверхности удерживать непрерывную пленку воды, если эта пленка свободна от гидрофобных загрязнений.

**Контроль очистных растворов.** В заводских условиях контролируют температуру очистного раствора и массовую долю ТМС. Последний показатель определяют косвенными методами путем измерения щелочности, водородного показателя разбавленных растворов, плотности и электропроводности.

Процессы очистки машин являются энергоемкими, они потребляют около двух третей тепловой энергии, затрачиваемой на технологические нужды всего ремонтного завода. Проблема совершенствования этих процессов в деле уменьшения энергоемкости актуальна до настоящего времени.

## 2.3. ПОВРЕЖДЕНИЯ И СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ

Определение повреждений — это совокупность работ по нахождению повреждений в деталях и измерению значений их величин. Цель работ заключается в определении технического состояния деталей.

Повреждения деталей машины — это недопустимые, приобретенные в эксплуатации отклонения значений свойств материала и геометрических параметров деталей от начальных, заложенных при изготовлении или ремонте последних. Детали сортируют на годные, подлежащие восстановлению и утильные.

Повреждения деталей, в зависимости от природы возникновения при эксплуатации, бывают износные, усталостные, в виде деформаций и изломов, коррозионные и в виде старения материала.

Повреждения по месту возникновения подразделяются на наружные и внутренние. Наружные повреждения определяют осмотром или измерениями, а внутренние — средствами структуроскопии.

Основные характеристики повреждений: отклонения размеров, формы и взаимного расположения элементов от нормативных значений, размеры трещин, расход технологической среды из-за течей и механические характеристики.

При изготовлении агрегата его сопряжения приобретают номинальные (установленные чертежом) размеры. В эксплуатации сопряжения изнашиваются. Износы деталей, поступивших на восстановление, являются допустимыми, если сопряжения из этих деталей будут работоспособными в течение последующего межремонтного срока. Предельные износы деталей не обеспечивают безотказную работу их сопряжений в течение очередного

межремонтного периода. Предельный износ базовой или основной детали агрегата определяет предельное состояние самого агрегата.

Существуют следующие операции по определению повреждений:

наружный осмотр и простукивание;
измерения линейных и угловых размеров;
измерение параметров расположения;
обнаружение приповерхностных трещин;
определение течей;
измерение специальных характеристик.

С целью исключения ненужных работ сначала ищут те повреждения, при наличии которых деталь выбраковывают.

Простукивание применяют для определения ослабления посадок штифтов и заклепок и контроля резьбовых сопряжений с натягом. Такие резьбы разбирают только при необходимости. У них дополнительно измеряют момент затяжки.

Обломы и наружные большие трещины определяют осмотром. При осмотре применяют лупы складные ЛП-1, ЛАЗ, ЛПК-471, лупы штативные ЛЩ, ЛПШ-25, ЛПШ-462,микроскопы отсчетные МИР-1М и МИР-2 и микроскопы бинокулярные типа БМИ.

При контроле линейных размеров элементов деталей широко применяют непроходные неполные предельные калибры. Наряду со специальными средствами применяют универсальный инструмент: штангенциркули, штангензубомеры, штангенглубиномеры, гладкие микрометры, индикаторные нутромеры.

Контроль внутренних и наружных цилиндрических поверхностей производят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях или в плоскости наибольшего износа.

Резьбы проверяются осмотром, а наиболее ответственные из них — резьбовыми калибрами.

Если деталь признается годной по линейным параметрам, то проверку продолжают для выявления годности по параметрам формы и расположения поверхностей.

Отклонение от круглости измеряют кругломерами, от плоскости — с помощью щупов или оптико-механическими приборами.

Отклонения взаимного расположения поверхностей от номинальных значений измеряют с помощью специальных средств, оснащенных индикаторами часового типа. Например, в блоке цилиндров в сборе с картером сцепления двигателя внутреннего сгорания необходимо измерить соосность коренных опор между собой и с отверстием под коробку передач в картере сцепления, биение торца картера сцепления относительно оси коренных опор, параллельность торцов первой коренной опоры между собой и перпендикулярность их к оси коренных опор, совпадение и перпендикулярность осей цилиндров и коренных опор, расстояния между осями цилиндров, параллельность осей коренных опор и от-

верстий под распределительный вал и расстояние между ними, расстояние между осями коренных опор и отверстия под стартер.

Для обнаружения приповерхностных усталостных трещин, неразличимых визуально, применяют магнитные, капиллярные и звуковые способы контроля. Перспективно применение рентгено- и гамма-дефектоскопии.

Магнитные способы применяют для контроля деталей из ферромагнитных материалов, способных под влиянием магнитного поля изменять свои магнитные характеристики. По способу получения первичной информации различают следующие виды контроля: магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый и др. Из магнитных способов наибольшее распространение в ремонте получил первый вид контроля.

Для визуального определения магнитных полей рассеяния над трещинами в магнитопорошковой дефектоскопии применяют магнитные порошки. Размер частиц порошка — 0,1...60 мкм. Магнитные пасты, предназначенные для разведения в жидкости, содержат различные смачивающие, антикоррозийные и другие добавки.

Магнитопорошковый контроль включает следующие операции: подготовку детали к контролю, ее намагничивание, нанесение на проверяемую поверхность магнитного порошка или суспензии, обнаружение повреждения и размагничивание детали.

Повреждения обнаруживаются, когда направление магнитного поля перпендикулярно трещине. Поэтому простые детали намагничивают в одном направлении, а детали сложной формы — в нескольких направлениях. Для создания наилучших условий контроля применяют три способа намагничивания: циркуляционное, полюсное и комбинированное.

Циркуляционное (поперечное) намагничивание производят пропусканием тока под напряжением 12 В через контролируемую деталь (рис.2.8, *а*) или через проводник, помещенный в отверстие детали. В этом случае хорошо обнаруживаются продольные трещины.

Полюсное (продольное) намагничивание до напряженности 480 А/см осуществляется с помощью электромагнитов или соленоидов (рис.2.8, *б*), при этом деталь намагничивается вдоль своего наибольшего размера и на ней обнаруживаются поперечные трещины.

Комбинированное намагничивание (рис.2.8, *в*) осуществляется при одновременном намагничивании детали двумя или несколькими изменяющимися магнитными полями для обнаружения трещин любого направления.

Люминесцентный способ является основным при контроле деталей из цветных материалов, а также дополнительным при магнитопорошковом контроле. Очищенные детали погружают в ванну с флуоресцирующей жидкостью на 10...15 мин. В качестве такой жидкости применяют состав (% массы): трансформаторное

масло — 20, керосин — 40, бензин — 20, краситель-дефектоль — 20. Раствор проникает в обнаруживаемые трещины и там задерживается. Затем деталь очищают раствором технического моющего средства, просушивают подогретым сжатым воздухом и опудривают силикагелем, что способствует выходу флуоресцирующего раствора на поверхность и растеканию его по краям трещины. При освещении детали ультрафиолетовыми лучами раствор дает яркое свечение желто-зеленого цвета.

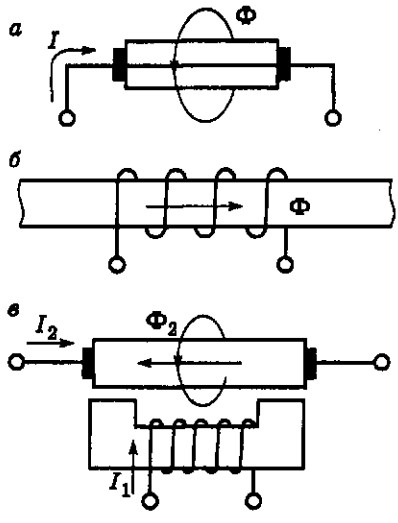


**Рис.2.8. Схемы намагничивания деталей: *а* — циркуляционного; *б* — полюсного; *в* — комбинированного**

Освещенность места контроля лампами накаливания должна быть не менее 500 лк, а при ультрафиолетовом излучении длиной волны 315...400 нм — не менее 50 лк. Источником ультрафиолетового света служат ртутно-кварцевые лампы.

Акустические способы делят на две большие группы: использующие излучение и прием акустических волн (активные способы) и основанные только на приеме волн (пассивные способы). Для определения повреждений деталей ремонтируемых машин наиболее применимы способы первой группы (рис.2.9).

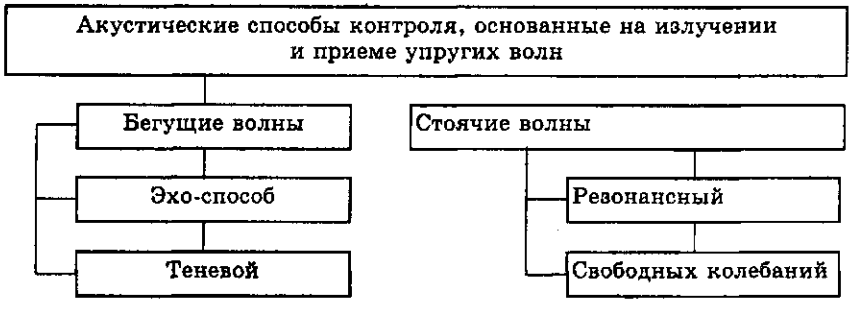


**Рис.2.9. Классификация акустических способов контроля**

Активные акустические способы, в которых применяют бегущие волны, делят, в свою очередь, на две группы: использующие прохождение и отражение волн.

Приповерхностные трещины на деталях несложной формы определяют с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Ультразвуковая дефектоскопия основана на способности ультразвуковых волн отражаться от границ раздела двух сред, например «воздух — металл» или «инородное включение — металл».

К способам прохождения волн относится теневой способ, использующий уменьшение амплитуды прошедшей волны под влиянием повреждения (рис.2.10, *а*). Эхо-способ (рис.2.10, *б*) регистрирует отраженные сигналы от повреждений и от противоположной поверхности изделия. В первом случае излучатель ультразвуковых сигналов и их приемник находятся по разные стороны от повреждения, во втором случае — по одну сторону. Эхо-способ нашел большее применение в АРП.

Наличие повреждений или изменение свойств материала при резонансном способе контроля определяют по изменениям резонансных частот. Согласно способу свободных колебаний в части изделия ударом возбуждают механические колебания и анализируют спектр возбуждаемых частот. В поврежденных изделиях спектр, как правило, смещается в высокочастотную сторону.

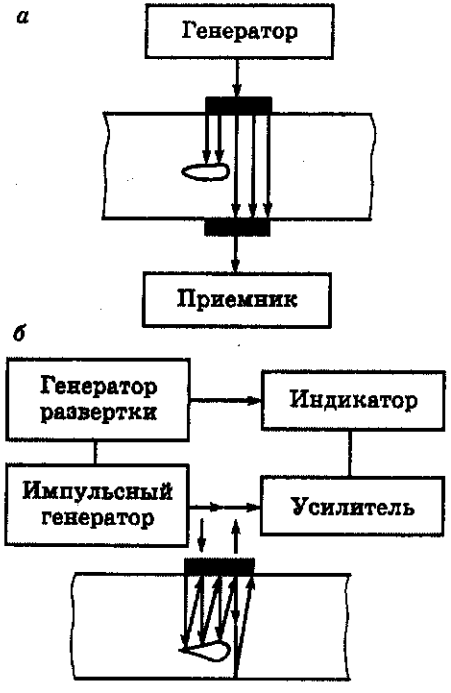


**Рис.2.10. Схемы акустических способов определения повреждений: *а* — теневого; *б* — эхо-способа**

Внутренние полости некоторых деталей или сопряжений пар деталей проверяют по критерию герметичности. Герметичность — свойство конструкции или материала препятствовать проникновению жидкости или газа. В качестве пробного вещества применяют воду под давлением 0,3...0,4 МПа, керосин или воздух под давлением 0,05...0,15 МПа. Количественная характеристика герметичности выражается расходом газа или жидкости, протекающих через повреждение, или падением давления в замкнутой полости за единицу времени. Наибольшее распространение в АРП получили газовые манометрические способы. Таким образом контролируют блоки, головки и гильзы цилиндров, впускные трубы и

газопроводы, корпусы воздухоочистителей и другие изделия.

Для выявления повреждения в стенках, например топливного бака, в его внутреннюю полость подают под давлением 0,1 МПа сжатый воздух. Выход сжатого воздуха на противоположной стороне стенки можно определить с помощью пузырьков мыльной пены.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

При сортировке деталей руководствуются техническими требованиями, которые имеются в первой части руководств по капитальному ремонту автомобиля или его агрегатов. На основании приведенных документов составлены технологические карты, которые содержат сведения о детали, возможные повреждения, способы их определения, допустимые размеры деталей и рекомендуемые способы их восстановления.

При сортировке деталей по годности назначают сплошной контроль, потому что детали могут иметь критические повреждения.

При ремонте, как правило, принят качественный способ определения повреждений, т.е. устанавливают факт их наличия без определения количественных характеристик. Исключение составляет описание повреждений, способ устранения которых назначается в зависимости от величины повреждений (значений износов, длин трещин, площади пробоин и др.).

_____

(наименование, номер детали по каталогу)

| Номер детали порядковый | Повреждение: номер, наименование, наличие (+) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | ... | *n* |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| ... | | | | | |
| *m* | | | | | |

Сортировщик_____ (фамилия, и.о.) «__»_____200_ г.
(подпись)

**Рис.2.11. Ведомость повреждений детали**

Повреждение на самой детали помечают, а в соответствующем поле ведомости (рис.2.11) ставится знак «+». Отсутствие пометки означает годность элемента детали. В первую очередь находят повреждения, при наличии которых деталь выбраковывают. При технологической подготовке производства определяют

организацию учета деталей и способ пометки поврежденных элементов. Возможны такие решения:

поврежденные места помечают краской. Содержание повреждения шифруют цветом краски и характером линий. Типовая технология ГОСНИТИ рекомендует сортировать детали на группы и помечать цветом: зеленым — годные детали, желтым — детали, годные только для сопряжения с новыми или восстановленными до номинальных размеров деталями, белым — детали, подлежащие восстановлению на данном предприятии, синим — детали, подлежащие восстановлению на специализированных предприятиях, красным — утиль;

повреждения записывают на бланке установленной формы и приклеивают его к детали. Деталь поступает на рабочие места восстановления, где рабочие вычитывают повреждения и по разработанной технологии устраняют их. Контролер на своем посту в конце линии восстановления определяет полноту и качество работ;

на детали выбивают порядковый номер. Повреждения данной детали шифруют, и сведения о них в виде таблицы вносят в память малой ЭВМ. На каждом рабочем месте имеется монитор. По данным запроса о состоянии детали устраняют повреждения на этом рабочем месте. Контролер в конце процесса также вычитывает доремонтное состояние детали и определяет полноту устранения повреждений. Такая организация перспективна при необезличенном методе ремонта.

Последние два метода нанесения пометок относятся к указанию повреждений на крупных деталях.

## КОЭФФИЦИЕНТЫ ГОДНОСТИ, СМЕННОСТИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Состав ремонтного фонда деталей определяется коэффициентами годности, сменности и восстановления.

Коэффициент годности $К_г$ показывает, какая часть деталей г данного наименования может быть использована при ремонте повторно без восстановительных воздействий:

$$К_г = \frac{n_г}{n_о}, \qquad (2.2)$$

где $n_г$ — число годных деталей; $n_о$ — общее число деталей данного наименования, поступивших с разборочно-очистного участка.

Коэффициент сменности $К_с$ показывает, какая часть деталей данного наименования при ремонте требует замены:

$$К_с = \frac{n_н}{n_о}, \qquad (2.3)$$

где $n_н$ — число заменяемых деталей новыми.

Коэффициент восстановления $К_в$ показывает, какая часть деталей данного наименования требует восстановления:

$$К_в = \frac{n_в}{n_о}, \qquad (2.4)$$

где $n_в$ — число деталей, требующих восстановления.

$$К_т + К_с + К_в = 1. \qquad (2.5)$$

Знание этих коэффициентов позволяет планировать потребность в запасных частях и объем работ по восстановлению деталей.

Опыт показывает, что оснащение сортировочных постов необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ по устранению несложных повреждений (забоин, погнутости и др.) приводит к значительному уменьшению затрат на ремонт. Из деталей ремонтного фонда в качестве годных можно выбрать: 23% поршней, 30% шатунных и 10% коренных вкладышей, 20% накладок ведомых дисков сцеплений, 50% распределительных валов, 40% толкателей, 15% поршневых колец и 40% поршневых пальцев.

## ПОНЯТИЕ О МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Возможны две организационные формы ремонта: подефектная и маршрутная. Подефектную технологию разрабатывают для устранения отдельных повреждений, маршрутную технологию — для устранения реально существующих сочетаний повреждений по установленным маршрутам.

Подефектная технология экономически неоправдана для ремонтных предприятий с большими объемами выпуска. При этом партии восстанавливаемых деталей комплектуют только по наименованиям без учета однотипности имеющихся сочетаний повреждений. Организация работ не позволяет восстановить эти детали по единому технологическому процессу. В результате партия деталей распадается при восстановлении, а учет деталей, трудовых и материальных затрат затрудняется. При этих условиях невозможен запуск в производство больших партий деталей и нецелесообразно применение специализированного оборудования и оснастки.

Проф. К.Т.Кошкин впервые предложил и на 5-м АРЗ г.Москвы внедрил маршрутную технологию восстановления деталей. Основой для этого послужил опыт капитального ремонта машин промышленными методами.

Детали, требующие восстановления, имеют, как правило, множество приобретенных повреждений, повторяющихся в определенных сочетаниях в зависимости от условий эксплуатации. Состав технологических операций определяется естественным

сочетанием повреждений, выявленных в результате исследования ремонтного фонда машин, а также технологической необходимостью восстановления комплекса поверхностей. Такое восстановление обеспечивает необходимое качество и экономическую эффективность.

При разработке маршрутов восстановления деталей необходимо учитывать следующие основные принципы.

1-й принцип. Сочетание повреждений в каждом маршруте должно быть существенным; сочетания устанавливают исследованиями закономерностей появления повреждений на деталях. Исследованию подвергается большое количество деталей.

2-й принцип. Количество маршрутов восстановления деталей должно быть минимальным. Большое количество маршрутов затрудняет организацию, требует большой площади складов. Количество маршрутов может быть уменьшено путем объединения вариантов сочетаний, отличающихся наличием незначительных по трудоемкости повреждений, а также исключением маршрутов с редко встречающимися сочетаниями повреждений. Сокращать количество маршрутов можно включением операций по устранению взаимосвязанных повреждений (восстановление соосных отверстий, ориентированных плоскостей и т.д.)

3-й принцип. Способ восстановления детали предопределяет содержание маршрута. Так, если изношено отверстие под гильзу в блоке цилиндров и принят способ восстановления установкой и закреплением дополнительной ремонтной детали, при котором устраняют два повреждения — износы отверстия и стыка, то в комплекс повреждений, подлежащих восстановлению, включают оба повреждения независимо от того, имеется одно из них или оба одновременно.

4-й принцип. Восстановление детали по данному маршруту должно быть экономически целесообразным. В качестве критерия эффективности принимают затраты на восстановление, а сравнительной базой — цену новой детали.

# Раздел 3. ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СОПРЯЖЕНИЙ

Восстановление деталей — это множество технологических операций по устранению повреждений и возобновлению геометрических параметров поверхностей и физико-механических свойств материала деталей. Необходимая совокупность таких операций на пути превращения исходной заготовки в деталь называется способом восстановления детали.

Восстановление изношенных деталей позволяет использовать их материал, форму и остаточную долговечность, при этом сокращается потребление запасных частей, живого труда, энергии и материалов, сохраняется окружающая среда.

## 3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ И СПОСОБОВ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Классификация деталей и способов их восстановления позволяет существенно уменьшить объем работ по разработке технологических процессов и средств технологического оснащения, что приводит к уменьшению объемов технологической подготовки производства.

Классификации деталей в авторемонтном производстве разработали К.Т.Кошкин и Г.А.Малышев. Эти классификации включают такие группы деталей.

1. Толстостенные корпусные детали (из отливок) — блок и головка цилиндров, картер коробки передач и др.
2. Тонкостенные коробчатые детали (штамповки из листа) — крылья, масляный картер, бак и др.
3. Прямые круглые стержни с гладкой поверхностью — поршневой палец, валик водяного насоса, оси и др.
4. Прямые круглые стержни с фасонной поверхностью — шлицевые валы, пальцы тяг и др.
5. Полые стержни — гильзы цилиндра, втулки шатуна и др.
6. Диски с гладкой периферией — маховик, шкив вентилятора, ступица и др.
7. Диски с фасонной периферией — шестерни, венцы и др.
8. Некруглые стержни — шатун, коленчатый вал и др.
9. Крепежные детали.

Каждому из перечисленных классов деталей соответствует определенное множество видов элементов. Например, толстостенным корпусным деталям присущи связующие, опорные, стыковые и крепежные элементы. Каждому виду элементов соответствуют определенные виды нагрузок, разрушительных процессов, изнашивания и повреждений.

У автомобильного двигателя, поступающего на ремонт, наибольшее количество восстанавливаемых поверхностей приходится на внутренние цилиндрические поверхности (около 30%). Наружные цилиндрические поверхности составляют около 15%. Поверхности сложного профиля составляют около 5%, на внутренние и наружные резьбы приходится примерно 11 и 2%. Внутренние полости трех процентов деталей должны быть герметичными. На трущиеся торцы приходится 15% поверхностей, а на стыки — 18%.

Каждому типу деталей, как правило, соответствует свой участок восстановления, работающий по типовой технологии.

## КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Деталь ремонтного фонда превращается в ремонтную заготовку при восстановлении путем создания припусков на восстанавливаемых поверхностях. В основу классификации способов создания припусков положены признаки соответствующих технологических процессов (рис.3.1).

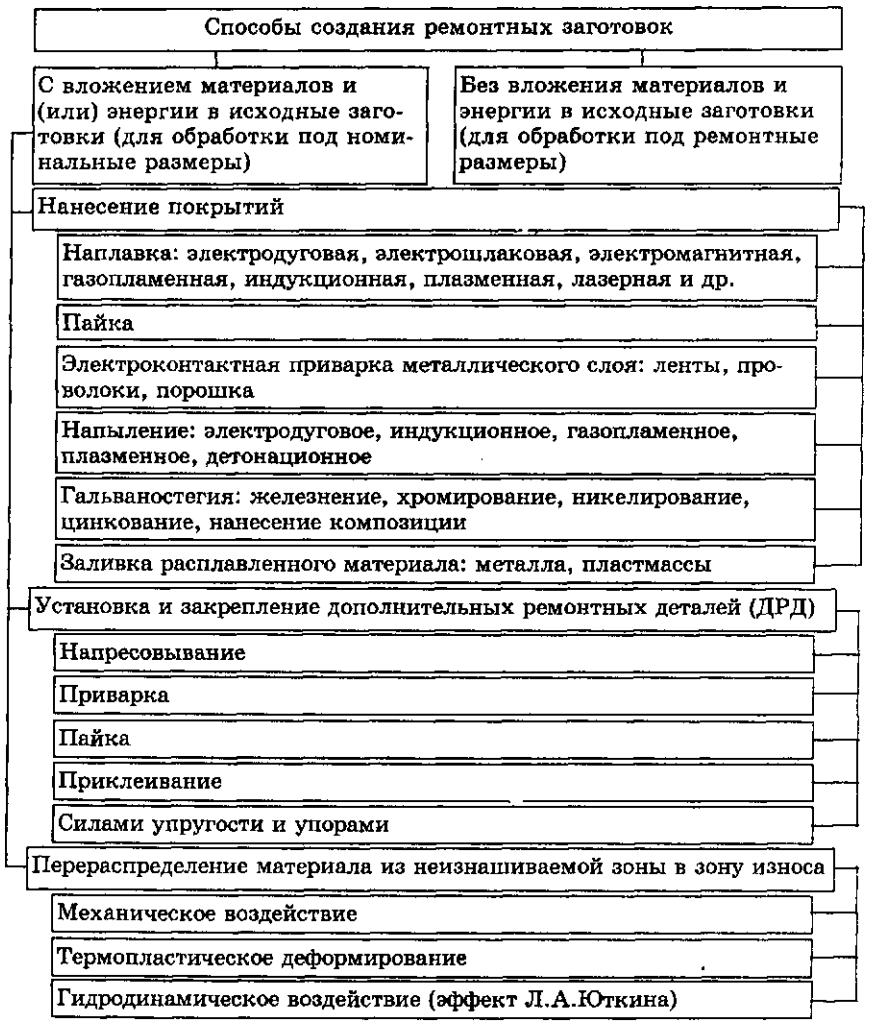


**Рис.3.1. Классификация способов создания припусков на изношенных поверхностях деталей**

Наибольшее применение в ремонтном производстве нашли следующие способы создания ремонтных заготовок: электродуговая наплавка, электродуговое и газопламенное напыление, нанесение гальванических покрытий, электроконтактная приварка металлического слоя, пластическое деформирование, нанесение полимерных покрытий, закрепление дополнительных ремонтных деталей.

Номинальные размеры восстанавливаемых поверхностей получают в результате нанесения покрытий или установки и закрепления дополнительных ремонтных деталей, или перераспределения части материала из неизнашиваемого объема в зону износа. Ремонтные размеры элементов детали достигают механической обработкой путем использования в качестве припуска изношенного приповерхностного слоя материала.

По способам нанесения материалов процессы нанесения покрытий подразделяют на наплавку, электроконтактную приварку металлического слоя, напыление, нанесение гальванических и полимерных покрытий.

Наибольшее распространение в ремонте получили такие способы наплавки, как расплавление и перенос металла на поверхность детали с расплавлением подложки. Способы делятся на группы в зависимости от видов применяемых источников тепла, наносимых материалов, характера легирования и способа защиты формируемого покрытия от влияния кислорода воздуха. По сравнению с другими способами нанесения покрытий наплавка дает возможность получать слои любых толщин и различного химического состава с разнообразными свойствами.

Сущность способа электроконтактной приварки металлического слоя состоит в закреплении последнего на изношенной поверхности мощными импульсами тока. Металлический слой создают из проволоки, порошков, сочетания порошков с лентой и др. В точке контакта происходит расплавление металла детали и слоя в результате омического действия тока. Металл слоя расплавляется не по всей толщине, а лишь в тонком поверхностном слое контакта детали и частиц покрытия.

Способ применяют для восстановления шеек и резьбовых участков валов, наружных цилиндрических поверхностей других деталей, а также отверстий в чугунных и стальных деталях.

Электроконтактная приварка является ресурсо-, энергосберегающим и природоохранным технологическим процессом. При нанесении покрытий толщиной до 1 мм расход присадочных материалов и электроэнергии сокращается в 2...4 раза по сравнению с электродуговой наплавкой.

Сущность напыления заключается в том, что расплавленный материал наносится струей газа на специально подготовленную поверхность. В зависимости от применяемого источника тепла применяют следующие виды напыления: электродуговое, газопламенное, плазменное и детонационное.

Напыление характеризуется высокой производительностью, возможностью регулировать в широких пределах химический и фазовый состав покрытия и малым тепловложением в материал детали. В качестве материала напыляемых покрытий целесообразно использовать порошки. Это позволяет регулировать в широких пределах химический и фазовый состав покрытий путем смешивания в исходном состоянии порошков различного состава.

Процесс нанесения гальванических покрытий основан на явлениях электролитической диссоциации и электролиза. Металл осаждается на изношенных поверхностях детали-катода при пропускании постоянного тока через раствор-электролит, содержащий ионы осаждаемого покрытия.

Достоинства процесса нанесения гальванопокрытий: высокие износостойкость и твердость покрытий, большое количество одновременно восстанавливаемых деталей, отсутствие тепловложения, сохранение структуры материала детали, возможность нанесения равномерных по толщине покрытий и автоматизация процесса. Однако он многооперационный, протекает с низкой скоростью нанесения покрытий, сопровождается большим расходом воды и загрязнением сточных вод ионами тяжелых металлов.

Пайку, как процесс нанесения расплавленного покрытия без расплавления подложки, ограниченно применяют для нанесения покрытий, работающих в условиях неподвижных посадок.

Материал и форма ряда деталей позволяют создавать припуски на восстанавливаемых поверхностях за счет перемещения материала из неизнашиваемой зоны в зону износа. Это достигается приложением деформирующего усилия к детали и использованием пластичности ее материала. Способ выгодно отличается от других отсутствием затрат на приобретение вспомогательных материалов.

В настоящее время все большее применение приобретают дополнительные ремонтные детали, позволяющие восстанавливать под номинальные размеры детали с большими износами. Способ позволяет устранять сложные повреждения.

При сравнении различных способов восстановления деталей учитывают прочность соединения покрытия с поверхностью, усталостную прочность детали, износостойкость и стоимость.

## 3.2. СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ СПОСОБОМ РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

Способ ремонтных размеров (РР) заключается в том, что восстанавливаемый элемент более дорогой и трудоемкой детали сопряжения обрабатывают под ремонтный, заранее установленный размер, а другую сопрягаемую деталь изготавливают, вос-

станавливают или приобретают. Это значительно упрощает технологию восстановления сложной детали, снижает стоимость и уменьшает время ее восстановления. Материал восстанавливаемой поверхности детали совпадает с материалом основы. Массовый выпуск заменяемых деталей ремонтных размеров (например, поршней, поршневых колец, вкладышей подшипников коленчатого вала и др.) организован на заводах автомобильной промышленности.

Способ обеспечивает взаимозаменяемость сопрягаемых деталей в пределах ремонтного размера, правильную геометрическую форму восстанавливаемым элементам и возвращает сопряжению деталей первоначальный зазор. Однако реализация способа связана со значительными затратами на приобретение заменяемых деталей, а в эксплуатации возможен повышенный износ подвижного сопряжения из-за снятия наружного более износостойкого слоя материала при обработке детали, наблюдается снижение усталостной прочности валов и увеличение удельного давления в сопряжениях. Износ коренных шеек коленчатых валов, например, увеличивается на 15...20%, начиная с третьего ремонтного размера, а усталостная прочность снижается на 25% при достижении последнего ремонтного размера. Недостатками являются также сложность комплектования и подбора деталей, необходимость большого количества измерительного инструмента и увеличение складских запасов.

Способ получения сопряжения деталей с РР бывает основным при освоении ремонта изделий, когда нет оборудования для нанесения восстановительных покрытий.

Значение РР устанавливают в зависимости от величины и характера износа поверхности, а также от припуска на механическую обработку. Припуск в целях экономии расхода материала и остаточной долговечности детали устанавливают минимальным.

Значение первого ремонтного размера будет отличаться от номинального размера (рис.3.2) на величину удвоенного максимального износа и припуска на механическую обработку на сторону. Предполагается, что ось восстановленного элемента совпадет с первоначальной осью этого элемента. Первый ремонтный размер $d_{р1}$, $D_{р1}$ определяют по формулам:

для валов

$$d_{р1} = d_н - 2(z'' + t), \text{ мм;} \qquad (3.1)$$

для отверстий

$$D_{р1} = D_н + 2(z'' + t), \text{ мм,} \qquad (3.2)$$

где $d_н$ и $D_н$ — номинальный размер вала и отверстия соответственно, мм; $z''$ — значение максимального износа на сторону, мм; $t$ — припуск на механическую обработку на сторону, мм.

Введем величину — коэффициент неравномерности износа $r$, который определим как отношение максимального износа детали на

сторону к величине общего износа на диаметр. Если минимальный износ детали обозначить через $z'$, то общий износ $z$ будет равен сумме $z = z' + z''$, а коэффициент неравномерности износа равен

$$r = z''/z \quad \text{и} \quad z'' = rz. \tag{3.3}$$

Подставив значение $z''$, можно представить первоначальные зависимости в виде:

$$d_{p1} = d_н - 2(rz + t), \text{ мм}; \tag{3.4}$$

$$D_{p1} = D_н + 2(rz + t), \text{ мм}. \tag{3.5}$$

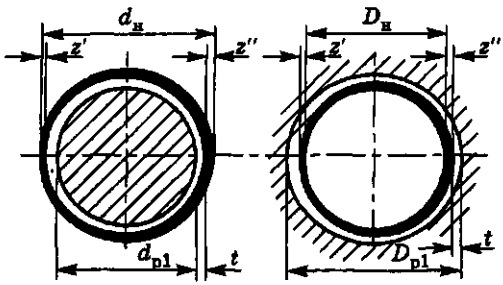


**Рис.3.2. Схема определения ремонтных размеров: *а* — для вала; *б* — для отверстия**

При равномерном износе детали, т.е. когда $z' = z''$, коэффициент неравномерности износа равен $r = 0{,}5$, а при одностороннем износе, когда $z' = 0$, $r = 1$. Таким образом, значение коэффициента $r$ находится в пределах 0,5...1. Значения износов и коэффициента их неравномерности определяют опытным путем.

Для чистового точения и растачивания припуск на обработку составляет 0,05...0,10 мм, а для шлифования — 0,03...0,05 мм на сторону.

Если выражение $2(rz + t)$, которое принято называть ремонтным интервалом, обозначить $i$, то расчетные формулы для определения первых и последующих ремонтных размеров будут следующие:

для валов $d_{p1} = d_н - i$, $d_{p2} = d_н - 2i$, ..., $d_{pn} = d_н - ni$;

для отверстий $D_{p1} = D_н + i$, $D_{p2} = D_н + 2i$, ..., $D_{pn} = D_н + ni$.

Зная предельно допустимые размеры валов $d_{min}$ и отверстий $D_{max}$, можно определить число возможных ремонтных размеров детали:

$$n = \frac{d_н - d_{min}}{i}; \tag{3.6}$$

$$n = \frac{D_{max} - D_н}{i}. \tag{3.7}$$

Цилиндры и поршни двигателя имеют, например, до 3 ремонтных размеров с ремонтным интервалом 0,5 мм, а сопряжения «коленчатый вал — вкладыши» и «распределительный вал — втулки» имеют до 6 таких размеров с ремонтным интервалом 0,25 мм.

Ремонтные размеры могут быть категорийными (установленными ремонтными документами для определенной категории ремонта) и пригоночными. В последнем случае исключена взаимозаменяемость восстановленных деталей.

Кроме цилиндрических поверхностей, способом РР можно восстанавливать резьбовые поверхности путем рассверливания или растачивания изношенной и нарезания ремонтной резьбы. Шаг резьбы сохраняют, а ее диаметр выбирают из ряда стандартных значений.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЙ СПОСОБОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Дополнительные ремонтные детали (ДРД) применяют для компенсации износа поверхностей деталей или замены их поврежденных частей. В первом случае ДРД устанавливают и закрепляют непосредственно на изношенной поверхности. Таким образом восстанавливают шейки валов, отверстия под подшипники качения в картерах, отверстия с изношенной резьбой и другие элементы. ДРД имеют форму гильзы, кольца, резьбовой втулки, спирали и т.д. в зависимости от вида восстанавливаемой поверхности. Может быть заменена сложная часть детали с несколькими поврежденными элементами.

ДРД обычно изготавливают из того материала, из которого изготовлена сама деталь. ДРД, выполняющие функции трущихся элементов, могут быть перед установкой термообработаны.

В настоящее время все больше применяют ДРД для целей восстановления под номинальные размеры деталей с большими износами. Способ позволяет устранять повреждения, трудноустранимые другими способами. Однако применение способа сопряжено с большим расходом материалов, кроме того, в ряде случаев снижается механическая прочность восстанавливаемой детали.

ДРД закрепляют на восстанавливаемых поверхностях запрессовыванием, приваркой, приклеиванием, пайкой, силами упругости, упорами (на шейках валов), винтами, штифтами и навинчиванием по резьбе, выполненной на теле детали.

Распространено закрепление цилиндрических ДРД на шейках валов или в отверстиях корпусов за счет натяга. Шероховатость сопрягаемых поверхностей при этом должна быть не более Ra 1,25...0,32 мкм. Необходимую прочность сопряжения получают выбором длины и натяга посадки. Для надежного соединения ДРД с основной деталью их просверливают, отверстие разворачивают или в нем нарезают резьбу. В отверстие устанавливают штифт или резьбовой стопор.

Наибольшее применение получил способ закрепления ДРД приваркой. Таким образом восстанавливают шейки коленчатых

валов, канавки поршней, венцы шестерен, стыковые приливы картеров и др.

ДРД может быть закреплена электрозаклепками. ДРД, имеющие форму дисков или пластин, можно закреплять на основной детали с помощью заклепок или винтов с потайной головкой, при этом толщину диска или пластины следует принимать не менее 4 мм.

Сущность клеесварного способа закрепления ДРД заключается в следующем. Поверхность основной детали зачищают металлической щеткой, шлифовальным кругом или другими инструментами. Затем поверхность обезжиривают органическим растворителем и наносят клеевую композицию. После этого устанавливают накладку из стали 20 и ее приваривают контактным точечным способом, формируя соединение.

Интерес представляет способ закрепления ДРД на поверхности шеек силами упругости и упорами. ДРД вырубают из шлифованной и полированной полосы из инструментальной или пружинной стали толщиной 0,7 мм. Длина детали соответствует длине окружности восстанавливаемого элемента. В детали пробивают фигурные отверстия с лепестками. Затем деталь скручивают в кольцо и отгибают усики. На восстанавливаемой шейке фрезеруют углубления. ДРД в виде браслета надевается на шейку вала таким образом, чтобы усики ДРД вошли во фрезерованные углубления. Силы упругости заставляют ДРД копировать форму шейки, а усики, взаимодействующие с торцами углубления, фиксируют ДРД от проворота.

Восстановление резьб производят с помощью винтовых вставок из ромбической проволоки. Материал проволоки — аустенитная хромоникелевая сталь. ДРД представляет собой пружинящую спираль с концентричными друг относительно друга внутренней и наружной резьбами высокой точности. Спираль имеет на одном конце поводковый усик, который обламывают после установки ДРД.

Отверстие с восстанавливаемой резьбой рассверливают спиральным сверлом для удаления разрушенной или поврежденной резьбы перед установкой ДРД. В полученном отверстии нарезают резьбу большего размера. ДРД ввинчивают в резьбовое отверстие с помощью специального инструмента за поводковый усик.

Производитель резьбовых ДРД (товарное название «HELICOIL») — фирма BOLLHOFF (Германия).

## 3.3. ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ

Способ применяется для деталей, изготовленных из пластических материалов (сталь, ковкий чугун, бронза и др.). Он может быть распространен и для хрупких материалов, превращаемых в

пластические путем нагрева или создания благоприятных условий нагружения. Изменение размеров и формы детали происходит за счет перераспределения материала самой детали. Восстановление деталей способом пластического деформирования основано на использовании пластичности их материала, которая зависит от химического состава, структуры материала и условий его деформирования. Чистые металлы имеют наибольшую пластичность, которая увеличивается при нагреве.

Различают холодное и горячее деформирование в зависимости от соотношения температур процесса и рекристаллизации. При холодном деформировании температура обработки меньше температуры рекристаллизации, а при горячем деформировании — наоборот. В холодном состоянии деформируют детали из сталей с твердостью 27...32 HRC и цветных металлов. Нагрев до температуры ковки уменьшает в 10...15 раз сопротивление деформированию по сравнению с процессом в холодном состоянии.

Пластическое деформирование применяют для восстановления размеров изношенных элементов деталей путем перераспределения материала из неизнашиваемого объема в зону износа, для правки деталей, для восстановления усталостной прочности, износостойкости и жесткости. Способ экономичен и обеспечивает высокое качество восстановления.

Восстановление размеров деталей пластическим деформированием включает подготовку детали, приложение деформирующего усилия и последующую обработку. Подготовка детали к деформированию представляет собой отжиг или высокий отпуск. Деформирующее усилие создает прессовое оборудование с применением соответствующей оснастки. Последующая обработка необходима для получения требуемых размеров.

Процессы перераспределения материала классифицируют в зависимости от направления действия внешних сил и направления деформации, вида и источника применяемой энергии. В зависимости от направлений внешних сил и вызываемых ими деформаций различают следующие способы восстановления размеров деталей: осадка, вытяжка, раздача, обжатие и вдавливание (рис.3.3).

Осадку применяют для увеличения наружного размера сплошных деталей. При осадке действие силы $P$ перпендикулярно направлению деформации. В результате осадки площадь поперечного сечения детали увеличивается вследствие уменьшения ее высоты. Осадку применяют для восстановления пальцев, коротких осей и им подобных деталей. Для осадки применяют пневматические молоты и гидравлические прессы.

Для деталей, испытывающих значительные эксплуатационные нагрузки, уменьшение высоты при осадке допускается до 8%, а для остальных деталей — до 15%.

Вытяжку применяют для увеличения длины детали за счет уменьшения ее поперечного сечения. По сравнению с осадкой деформации и действующие силы поменялись местами и направлениями. Вытяжкой восстанавливают размеры толкателей при износе торцевых поверхностей.

Направления действующих сил и деформаций при раздаче совпадают и направлены изнутри детали. Раздают поршневые пальцы, чашки дифференциала, втулки и другие детали для восстановления их по наружному диаметру. Механическую раздачу выполняют сферическими или цилиндрическими прошивками (дорнами).

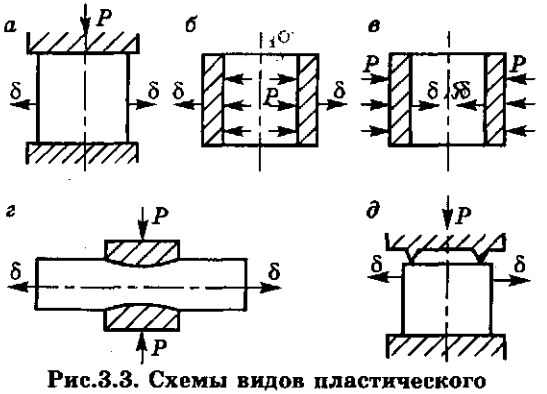


**Рис.3.3. Схемы видов пластического деформирования: *а* — осадка; *б* — раздача; *в* — обжатие; *г* — вытяжка; *д* — вдавливание**

При обжатии направления действующих сил и деформаций также совпадают, но направлены внутрь детали. Обжатие применяют для восстановления гильз и втулок по внутреннему диаметру, например, путем проталкивания деталей сквозь втулку-инструмент. Диаметр калибрующего пояска инструмента принимают из расчета уменьшения внутреннего диаметра на величину износа и припуска на механическую обработку.

Вдавливание объединяет в себе признаки осадки и раздачи. В большинстве случаев действующая сила направлена под углом к направлению требуемой деформации. Одновременное протекание осадки и раздачи сохраняет длину детали, что является преимуществом способа.

Вдавливание применяют при восстановлении зубьев шестерен, шлицев, шаровых пальцев и других деталей. Восстановление ведут при высокой температуре нагрева (сталь — 680...920 °С) в штампах.

Частным случаем вдавливания является накатка (рис.3.4). Ее применяют для увеличения наружного или уменьшения внутреннего размеров деталей за счет вытеснения металла из отдельных участков рабочих поверхностей. Накатку применяют для восстановления размеров шеек и отверстий под подшипники, а также для подшипников, залитых свинцовистой бронзой. В последнем случае образовавшиеся лунки заливают баббитом для восстановления несущей способности антифрикционного слоя.

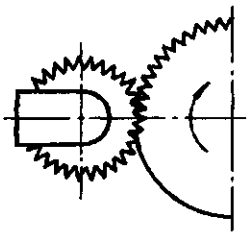

**Рис.3.4. Накатка поверхностей**

Поверхности, которые воспринимают при работе контактную нагрузку не более 7 МПа, накатывают специальным инструментом — зубчатым роликом (накатником) с прямыми или косыми зубьями. В зависимости от вида энергии, затрачиваемой на пластическое деформирование, различают воздействия механическое, термопластическое и гидродинамическое.

Термопластическое деформирование применяют для восстановления гильз цилиндров, поршней и поршневых пальцев. Сущность раздачи заключается в том, что деталь нагревают снаружи до температуры выше $A_{c3}$ и охлаждают изнутри потоком жидкости. Внутренние кольцевые слои материала, охлаждаясь, стремятся уменьшиться в диаметре, но им препятствуют нагретые наружные слои, поэтому внутренние слои пластически растягиваются и увеличиваются в диаметре по сравнению с первоначальным диаметром в холодном состоянии. При дальнейшем охлаждении внутренние слои утрачивают пластичность и превращаются в жесткую «оправку», которая препятствует уменьшению диаметров наружных слоев.

Гидродинамическая раздача поршневых пальцев основана на эффекте Л.А.Юткина. Сущность эффекта заключается в инициировании в жидкости, заполняющей внутреннюю полость детали, электрического разряда, создающего высокое гидравлическое давление, которое, в свою очередь, вызывает пластическое деформирование материала детали и обеспечивает припуск на абразивную обработку.

Правку деталей применяют для устранения остаточных деформаций изгиба, коробления или скручивания. Направление действующей силы при этом совпадает с направлением требуемой деформации и в большинстве случаев перпендикулярно оси детали. Правят валы, шатуны, оси, клапаны, тяги, рычаги, рамы, кронштейны и другие детали. Правку, как и другие виды пластического деформирования, ведут без нагрева и с нагревом.

Высокое качество обеспечивает правка наклепом. Точность правки при этом достигает 0,02 мм, наблюдается стабильность результата во времени и сохранение усталостной прочности. Коленчатый вал при правке устанавливают в призмы и пневматическим молотком, рабочая поверхность бойка которого имеет сферическую форму, наносят удары по нетрущимся поверхностям щек. Поверхность детали, по которой наносились удары, принимает выпуклую форму.

# УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ

Пластическое деформирование в холодном состоянии упрочняет металл, при этом предел прочности и твердость металла повышаются, а пластичность снижается.

Усталостную прочность, жесткость и износостойкость деталей можно восстановить наклепом, который создает в приповерхностном слое металла сжимающие остаточные напряжения. Механическое упрочнение рекомендуется и для повышения усталостной прочности деталей, восстановленных наплавкой, гальваническими покрытиями и напылением.

Применяют следующие виды механического упрочнения поверхностей деталей: обкатывание (раскатывание), дробеструйная обработка, центробежная обработка.

Наибольшее применение получило обкатывание роликами и шариками для упрочнения наружных и внутренних поверхностей деталей. Внутренние поверхности (гильз цилиндров, отверстий в головках шатунов) упрочняют шариковыми или роликовыми раскатниками.

Упрочнение галтелей на коленчатых валах достигается обкаткой их профильными подпружиненными роликами, изготовленными из твердого сплава Т15К6 и касающимися при работе галтельных переходов детали. Более эффективным способом упрочнения галтелей на коленчатых валах является их чеканка.

Дробеструйная обработка применяется как для повышения жесткости упругих элементов (пружин, торсионов, рессорных листов), так и для увеличения усталостной прочности (шатунов, деталей сварных соединений). В качестве оборудования для обработки дробью применяют механические или пневматические дробеметы.

Центробежная обработка производит наклеп ротационным упрочнителем с помощью приспособления, установленного на суппорте токарного станка. Инструментом (рис.3.5) является диск с радиальными отверстиями, в которые вмонтированы шарики с возможностью перемещения вдоль оси отверстий. Диск получает вращение от электродвигателя. Линейная скорость обода диска — 13...25 м/с. В течение одного оборота диска каждый шарик наносит удар по упрочняемой поверхности. Этот способ применяют, например, для упрочнения коленчатых и торсионных валов. Усталостная прочность в результате наклепа повышается на 30...60%.

Отделочно-чистовая обработка применяется в виде калибрования отверстий и алмазного выглаживания.

Отверстия калибруют путем перемещения в них с натягом деформирующего инструмента с подачей смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ). Инструмент имеет вид шарика. При пер-

воначальной шероховатости Ra = 6,3...1,6 мкм получают шероховатость Ra = 0,8...0,1 мкм для стали и 1,6... 0,4 мкм — для чугуна.

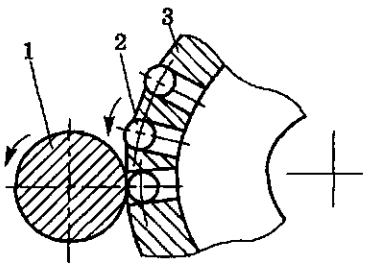


**Рис.3.5. Инструмент для центробежной обработки шариками:**
**1 — обрабатываемая деталь; 2 — шарик; 3 — диск**

Алмазное выглаживание придает восстанавливаемым поверхностям высокие износостойкость и усталостную прочность. Инструмент для выглаживания содержит наконечник с алмазом в виде закругленной иглы. Приспособление устанавливают на суппорте или в пиноли токарного станка. Алмазным выглаживанием обрабатывают только сплошные поверхности. Поверхность под алмазное выглаживание предварительно шлифуют или растачивают. Усилие выглаживания не превышает 300 Н. В зону обработки подают индустриальное масло И-20А.

## 3.4. СВАРКА, НАПЛАВКА И ПРИВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

***Сварка*** — один из способов получения неразъемного соединения посредством сварочного шва. Соединяемые поверхности нагреваются до расплавления или пластического состояния. Между свариваемыми поверхностями образуются межатомные связи. Сваркой устраняют механические повреждения (трещины, пробоины) и закрепляют дополнительные ремонтные детали.

***Наплавка*** применяется для нанесения восстановительно-упрочняющего покрытия путем расплавления теплом пламени или дуги присадочного металла, переноса его на оплавленную восстанавливаемую поверхность и кристаллизации слоя. Наплавочные покрытия служат для компенсации износа и создания припуска для механической обработки при восстановлении деталей. Наплавка по сравнению с другими способами нанесения покрытий дает возможность получать слои с высокой производительностью, любых толщин, различного химического состава и с высокими физико-механическими свойствами. Наплавочные покрытия наносят на стержни диаметром более 12 мм.

Сварка и наплавка наиболее распространены среди способов создания ремонтных заготовок при восстановлении деталей.

В зависимости от вида источника тепла различают сварку или наплавку: электротермическую (свободной дугой), плазмен-

ную (сжатой дугой), газотермическую (теплом газового пламени), электрошлаковую (за счет прохождения электрического тока через расплавленный шлак), электронно-лучевую (энергией ускоренных электронов), лазерную (излучением лазера) и др.

Электрическая дуга как источник тепла представляет собой электрический разряд в газообразной среде. Движение заряженных частиц в промежутке между электродами и представляет собой электрический ток. Возникновение заряженных частиц в объеме между электродами обусловлено эмиссией электронов с катода и ионизацией газа.

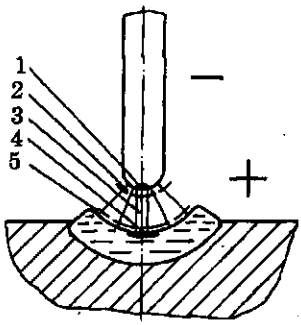


**Рис.3.6. Зоны дугового разряда: 1 — катодное пятно; 2 — катодная зона; 3 — столб дуги; 4 — анодное пятно; 5 — анодная зона**

На катоде (рис.3.6) образуется наиболее активный и нагретый участок, который называется катодным пятном. На аноде имеется анодное пятно. Средняя часть газового разряда называется столбом дуги, который практически равен ее длине. Температура столба дуги достигает 6000 °С.

Сила тока, состав и давление газа, материал и размеры электродов определяют форму и размеры столба дуги. Условлено, что при прямой полярности плюс подключен к детали. При подключении плюса к электроду (обратная полярность) тепловая энергия, выделяемая на нем, не зависит от длины дуги и при равномерной подаче электродной проволоки дуга горит устойчиво. Поэтому в практике наплавки предпочтение отдают обратной полярности. Сила сварочного тока оказывает наибольшее влияние на глубину проплавления, размеры валика наплавленного металла и производительность процесса.

Газокислородное пламя применяется в сварочно-наплавочных процессах и при резке металла. Температура горения ацетилено-кислородной смеси — 3150 °С, пропан-бутана в кислороде — 2043 °С и природного газа в кислороде — 1850...2000 °С.

В зависимости от соотношения горючего газа и кислорода, участвующих в горении, различают нейтральное, окислительное и восстановительное пламя. Нейтральным пламенем сваривают детали из алюминиевого сплава, меди, бронзы и стали с содержанием углерода менее 0,5%. Сварку стальных с содержанием углерода более 0,5% и чугунных деталей ведут в восстановительном пламени. Окислительным пламенем режут металлы и сваривают латунные детали.

При ацетилено-кислородной сварке применяют эжекционные горелки с наконечниками.

Плазменный нагрев обеспечивает высокое качество покрытий наносимых материалов. Газ, в котором значительная часть атомов или молекул ионизирована, а заряд электронов и отрицательных ионов равен заряду положительных ионов, называется плазмой. Плазма обладает высокой электропроводностью. При диссоциации молекул плазмообразующего газа (распаде их на атомы) и ионизации атомов (потере электронов) происходит поглощение энергии. При охлаждении такого газа наблюдается обратный процесс рекомбинации молекул с выделением энергии, равной энергии их диссоциации и ионизации атомов. Сочетание этих процессов принципиально отличает плазменный нагрев от других видов нагрева, например газопламенного. Плазменная струя имеет высокую скорость течения, в определенных условиях превышающую скорость звука.

В качестве плазмообразующих газов применяют аргон, азот, аммиак, водород и гелий. Двухатомные газы (например, азот) обладают большим теплосодержанием, чем одноатомные газы (например, аргон) при одинаковой температуре. Наиболее высокую температуру (15000...30000 °С) имеет аргоная плазма.

Схема плазменного генератора, применяемого для наплавки материалов, приведена на рис.3.7. Между вольфрамовым катодом и деталью возникает дуга, через которую продувают плазмообразующий газ (азот или аргон). Дуга сжимается стенками медного водоохлаждаемого сопла и струями движущегося газа, что приводит к его плазмообразованию. Нагрев, диспергирование и перенос наплавленного материала происходит за счет тепловой и кинетической энергии плазменной струи.

В общем объеме сварочно-наплавочных работ электротермическая технология составляет около 80%, а газопламенная — около 20%.

При лазерной наплавке сварочные материалы в виде порошка, проволоки или фольги наносят на поверхность детали и оплавляют лазерным лучом. Материал в зону наплавки или подают непрерывно или предварительно приклеивают к восстанавливаемой поверхности. Используют установки с серийными лазерами: ЛГН-702 «Кардамон», «Катунь», «Юпитер-1,0», «Иглан» и др. Мощность излучения — 0,8...4,0 кВт.

Качество покрытий зависит от скорости перемещения лазерного луча, толщины наплавляемого слоя и перекрытия валиков.

Ручная сварка применяется в ремонтном производстве при восстановлении сплошности материала (нанесением швов на трещины) и для закрепления листовых ДРД. Поврежденные места деталей предварительно зачищают, а края свариваемых деталей разделывают. Сварку ведут переменным или постоянным током с применением сварочных трансформаторов ТС-300, ТС-500, ТД-300, а также сварочных преобразователей ПСО-500,

САМ-300-2 и др. Для ручной сварки применяют электроды с покрытиями, которые подразделяются по типу стержня, назначению электрода, виду покрытия, его толщине и другим признакам. Обозначение типа электрода состоит из индекса Э и следующих за ним цифр и букв. Две или три цифры указывают среднее содержание углерода в наплавленном металле в сотых долях процента. Затем следует обозначение химических элементов. Каждому типу электрода может соответствовать несколько марок его покрытия. Покрытия электродов по составу подразделяются на рудно-кислые — Р, рутиловые — Т, фтористо-кальциевые — Ф и органические — О. Наибольшее применение в ремонте получили группы Р, Т и Ф.

К группе Р относятся электроды ОММ-5, ЦМ-7, ЦМ-8, к группе Т — УМ-9, ОЗС-6, АНО-3, к группе Ф — УОНИ-13/45, УОНИ-13/ 55, УОНИ-13/65.

Для защиты металла от действия кислорода воздуха в состав покрытий вводят газообразующие органические вещества (крахмал, декстрин, целлюлозу и др.) и карбонаты (мрамор, мел и др.). При горении дуги эти вещества сгорают или разлагаются, образуя углекислый газ и оксид углерода, которые вытесняют воздух из рабочей зоны.

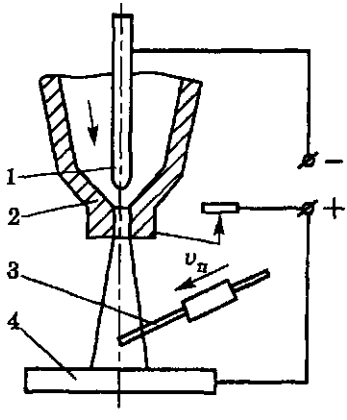


**Рис.3.7. Схема плазменного генератора:**
**1 — электрод-катод;**
**2 — сопло;**
**3 — наплавочная проволока;**
**4 — восстанавливаемая деталь; 5 — реостат;**
**$v_г$ — скорость подачи плазмообразующего газа;**
**$v_п$ — скорость подачи проволоки**

Для получения необходимой твердости и износостойкости наплавленного материала в обмазку вводят легирующие элементы в виде феррохрома, ферромарганца, ферросилиция и др.

Шлакообразующие вещества покрытия в процессе сварки образуют шлак, изолирующий поверхность расплавленного металла от воздуха и способствующий более медленному остыванию заготовки. При этом более полно выделяются растворенные в расплавленном металле газы.

Раскисляющие вещества, соединяясь с оксидами в расплавленном металле, образуют легкоплавкие шлаки, всплывающие на поверхность шва.

Для повышения устойчивости горения дуги в покрытии имеются стабилизирующие вещества (силикат натрия, мрамор, мел и др.).

В качестве связующего вещества для составляющих покрытия применяют жидкое стекло.

Полуавтоматическая сварка выполняется с механической подачей сварочной проволоки в зону горения дуги. Применяют полуавтоматы А-537, А-547Р, ПДПГ-500 и др. В качестве источников постоянного тока используют сварочные выпрямители.

Тонколистовые панели сваривают в среде углекислого газа током обратной полярности проволокой Св-08ГСА или Св-08Г2С.

Режим сварки назначают в зависимости от вида и толщины свариваемого металла. При сварке листов из углеродистой стали толщиной 1 мм применяют ток силой до 100 А и напряжением 20 В, наилучшее расстояние от сопла сварочной горелки до детали составляет 8...10 мм, а наклон электрода от вертикали не превышает 20°. Чтобы обеспечить спокойное горение дуги и минимальное разбрызгивание жидкого металла, сварку ведут короткой дугой при быстром перемещении горелки.

Сварка чугуна сопровождается отбеливанием материала, которое объясняется большим содержанием углерода, выгоранием кремния и быстрым охлаждением металла. При этом углерод не успевает выделиться в виде графита и остается в химически связанном состоянии в виде цементита. Из-за усадки материала возникают значительные внутренние напряжения. Образующиеся при сварке чугуна тугоплавкие оксиды создают на поверхности сварочной ванны твердую корку, которая препятствует свободному выходу газов из расплавленного металла, что приводит к образованию пор и раковин.

Применяют два основных способа сварки чугуна: горячий (с подогревом детали) и холодный (без подогрева).

При способе горячей сварки кромки чугунной детали предварительно разделывают, а затем деталь нагревают до температуры 600...650 °С. Сварку ведут ацетиленокислородным пламенем. В качестве присадочного материала используют чугунные стержни с повышенным содержанием кремния (до 3...3,5%) или латунную проволоку. Для защиты наплавленного металла от окисления используют флюс, состоящий из смеси буры и углекислого натрия в равных массовых долях.

Способ горячей сварки хотя и обеспечивает высокое качество сварки, но энерго- и трудоемок, сопряжен с тяжелыми условиями труда, поэтому ограниченно применяется при восстановлении корпусных деталей.

Способ холодной сварки чугуна проще. Наиболее часто применяют ручную и полуавтоматическую сварку стальными электродами и электродами из цветных металлов и сплавов. Широко применяют для сварки деталей из высокопрочного и серого чугуна и их соединений со сталью стальные электроды ЦЧ-4, изготовленные из проволоки Св-08 с толстым покрытием.

Сварка чугуна электродами из цветных металлов более дорогая, но обеспечивает достаточные прочность, пластичность и

плотность шва. Широко применяют медные электроды ОЗЧ-1 с покрытием, содержащим железный порошок, и электроды МНЧ-1 из монель-металла (63% Ni и 37% Cu) с покрытием УОНИ-13/55.

Сварку-пайку при более низкой температуре (до 950 °С) ведут электродами ЛОМНА-49-05-10-04, ЛОК-59-1-03 и Л-68.

Институт электросварки им.Е.О.Патона предложил самозащитную проволоку ПАНЧ-11 и ПАНЧ-12 для работы на полуавтоматах А-547У. Проволока имеет в своем составе элементы, предотвращающие окисление наплавленного металла.

Сварка алюминия усложнена тем, что его поверхность покрыта плотной, химически стойкой и тугоплавкой пленкой оксида. Температура плавления оксида 2160 °С, а алюминия — 659 °С. Наибольшее распространение при восстановлении деталей из алюминиевого сплава получила аргонодуговая сварка. В этом процессе кромки детали и присадочный материал расплавляются теплом электрической дуги, образующейся между вольфрамовым электродом и деталью. При этом из сопла наконечника непрерывно подается аргон, который окружает дугу, создает сосредоточенный нагрев и предохраняет расплавленный металл шва от вредного влияния кислорода и азота воздуха. Сварку ведут без флюса, а в качестве присадочного материала применяют прутки того же состава, что и основной металл, и проволоку Св-АК5, Св-АК10.

Качество шва получается высоким, а коробление детали почти отсутствует.

Аргоно-дуговая сварка обеспечивает повышение производительности процесса в 3...4 раза по сравнению с ацетиленокислородной сваркой. При этом не применяются электродные покрытия и флюсы, возможна сварка тонких стенок, а интенсивность излучения дуги снижена в 4...8 раз.

Для аргоно-дуговой сварки применяют водо-охлаждаемые горелки ГРАД-200 и -400, которые подключены к установкам УГД-301 или УДГ-501.

Точечной и роликовой сваркой соединяют внахлест листовые детали толщиной 0,3...7 мм. Нагрев контакта деталей до расплавления металла происходит за счет омического действия тока. Сжимающее усилие электродам придают пневмоцилиндры. При этом применяют универсальные стационарные аппараты. Переносным устройством являются сварочные клещи пневматического действия типа МТПГ-75 и однополюсные пистолеты для соединения тех деталей, которые невозможно сварить двусторонним подводом тока.

Способы наплавки делят на группы в зависимости от видов применяемых источников тепла, наносимых материалов, характера легирования и способа защиты формируемого покрытия от влияния кислорода воздуха.

Наибольшее распространение в ремонте при нанесении покрытий получили способы наплавки: электродуговая под флюсом, в среде защитных газов, вибродуговая, плазменная и газопорошковая. Эффективно применение электрошлаковой, электромагнитной, индукционной и лазерной наплавок и процесса намораживания металла.

*Наплавку под флюсом* преимущественно применяют для восстановления деталей из углеродистых и низколегированных сталей. Сущность наплавки заключается в защите электрической дуги и расплавленного металла от вредного влияния атмосферного воздуха слоем сварочного флюса.

Сварочная дуга при дуговой наплавке под флюсом (рис.3.8) горит между электродом и деталью в газовом пузыре в оболочке из расплавленного флюса. Сварочная проволока, основной металл и флюс плавятся одновременно. Часть легирующих элементов при плавлении выгорает. Жидкий металл в сварочной ванне постоянно движется и перемешивается. Металл сварочного шва, полученного под флюсом, состоит из присадочного металла (1/3) и переплавленного основного металла (2/3). Массы расплавленных флюса и присадочного металла примерно равны. Использование флюса уменьшает разбрызгивание и угар металла, позволяет применять токи большей плотности, чем при ручной наплавке покрытыми электродами, замедляет процесс затвердевания металла, создает благоприятные условия для выхода газов из шва, уменьшает потери тепла сварочной дуги на излучение и на нагрев потоков окружающего воздуха.

Флюсы применяют в процессе наплавки в виде зерен. Расплавленные флюсы взаимодействуют с оксидными пленками, обволакивают зону наплавки и изолируют ее от кислорода и азота воздуха. Флюсы действуют как химические реагенты, образуя с оксидами легкие химические соединения с низкой температурой плавления. Образовавшиеся шлаки всплывают на поверхность расплавленного металла.

В качестве шлакообразующих добавок применяют мрамор, плавиковый шпат, известняк, двуокись титана и др.

Флюс должен быть жидкотекучим. Разность температур плавления присадочного материала и флюса должна быть не менее 100...150 °С. Однако при рабочей температуре наплавки флюс не должен кипеть.

Применяют флюсы плавленые, керамические и их смеси.

Плавленые флюсы получают сплавлением исходных материалов (марганцевой руды, кварцевого песка, плавикового шпата, магнезита и др.) в электрических печах. Расплавленную массу выливают в воду и таким образом получают стекловидный

или пемзовидный гранулированный флюс с размером частиц 3...3,5 мм.

Плавленые флюсы подразделяются на виды в зависимости от массовой доли марганца и кремния. Высококремнистые марганцовистые флюсы марок АН-348А, ОСЦ-45 и АН-60 обеспечивают устойчивое горение дуги, хорошее формирование сварочных валиков и небольшое количество пор в наплавленном металле. Низкокремнистые безмарганцовистые флюсы марок АН-20 и АН-30 уменьшают возможность появления горячих трещин и пор в наплавленном слое. Плавленые флюсы обладают хорошими защитными свойствами, но не содержат легирующих веществ.

Керамические флюсы, кроме шлакообразующих веществ, входящих в плавленые флюсы, содержат ферросплавы (феррохром, ферромарганец, ферросилиций, ферротитан) и поэтому обладают еще и легирующими свойствами. Флюсы получают смешиванием порошков исходных материалов с добавкой жидкого стекла. Массу после дробят на гранулы размером 2...3 мм и сушат. Наиболее распространены для наплавки деталей керамические флюсы АНК-18, АНК- 19 и ЖСН. Они позволяют легировать металл необходимыми элементами. Однако легирующие элементы распределены в объеме материала флюса неравномерно.

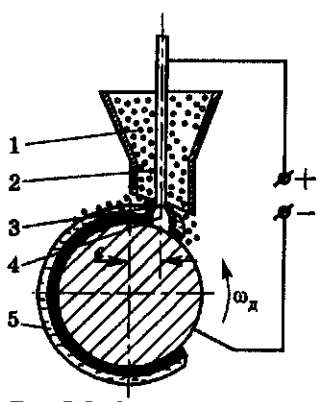


**Рис.3.8. Схема наплавки под слоем флюса: 1 — устройство для подачи флюса; 2 — электродная проволока; 3 — оболочка из жидкого флюса; 4 — газовый пузырь; 5 — наплавленный слой; 6 — шлаковая корка; *e* — смещение электрода с зенита; $\omega_д$ — угловая частота вращения детали**

Для получения наплавленного металла требуемого химического состава и свойств применяют легирование через электродную проволоку и (или) флюс.

При легировании через проволоку наплавку ведут высокоуглеродистой (Нп-65, Нп-80) или легированной проволокой (Нп-30ХГСА, Нп-50ХФА и др.) под плавленым флюсом. При этом обеспечивается высокая точность легирования, стабильность химического состава наплавленного металла по глубине покрытия.

Легирование наплавленного металла через флюс ведут наплавкой малоуглеродистой проволокой (Св-08, Св-08А) под слоем легированного керамического флюса. Этот способ легирования не получил широкого применения из-за большой неравномерности наплавленного металла по химическому составу и необходимости строго выдерживать режим наплавки.

Комбинированный способ легирования одновременно через проволоку и флюс получил наибольшее применение.

Сила сварочного тока 110...200 А, напряжение дуги — 23...32 В. В качестве оборудования применяют самортизированные токарные станки с пониженной частотой вращения шпинделя. Станки оснащены приспособлениями для установки детали, наплавочными головками, кассетами с электродной проволокой, бункерами для подачи флюса и устройствами управления. В качестве источников тока применяют выпрямители ВДУ-504, ВС-300, ВС-600. Применяют и специальные станки разработки ВНИИТУВИД «Ремдеталь».

*Сварка и наплавка в среде защитных газов* отличается тем, что в зону горения электрической дуги подают под давлением газ, который защищает столб дуги и расплавленную сварочную ванну от кислорода и азота воздуха. Для создания защитной атмосферы используют аргон, гелий, углекислый газ и их смеси.

Наиболее распространена наплавка в среде углекислого газа плавящимся электродом.

Наплавка в $CO_2$ обеспечивает хорошее формирование шва, наплавленный металл при этом получается плотным, а зона термического влияния невелика. Благодаря последнему фактору этот способ применяют для наплавки нежестких деталей.

При сварке и наплавке применяют проволоку с повышенным содержанием кремния и марганца Св-08Г2С, Нп-30ХГСА и др.

Автоматическая наплавка в среде углекислого газа по сравнению с автоматической наплавкой под слоем флюса имеет такие преимущества: меньший нагрев детали, возможность наплавки детали диаметром от 10 мм, большую производительность по площади покрытия на 30...40%, отсутствие необходимости отделения шлаковой корки, возможность сварки и наплавки при любом пространственном положении, она в 1,2...1,5 раза экономичнее.

Однако наплавка в среде защитных газов требует применения легированной проволоки и защиты сварщика от излучения дуги.

*Вибродуговая наплавка* (рис.3.9) отличается тем, что электродная проволока совершает колебания относительно детали с частотой 50...100 Гц и амплитудой 1...3 мм с периодическим касанием наплавляемой поверхности. В зону наплавки подают охлаждающую жидкость.

Вибрация электродной проволоки обеспечивает чередование короткого замыкания, горения дуги и холостого хода. Электрод и деталь оплавляются за счет дугового разряда. Перенос металла, образующегося в виде капли на конце электрода в период горения дуги, происходит преимущественно во время короткого замыкания. Возникновению дугового разряда при разрыве сварочной цепи способствует использование энергии электродвижущей

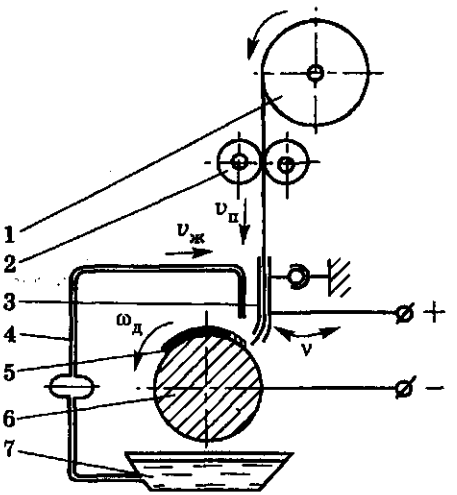


**Рис.3.9. Схема вибродуговой наплавки: 1 — кассета для проволоки; 2 — ролики подающие; 3 — мундштук качающийся; 4 — система подачи раствора; 5 — наплавленный слой; 6 — восстанавливаемая деталь; 7 — емкость; $v_п$ — скорость подачи проволоки; $v_ж$ — скорость подачи раствора; $ω_д$ — угловая частота вращения детали; ν — частота качаний мундштука**

силы самоиндукции, которая совпадает по направлению с напряжением источника тока.

Марку электродной проволоки выбирают в зависимости от требуемых механических свойств наплавленного металла. При наплавке стальных и чугунных деталей для получения слоя твердости 51...56 HRC применяют проволоку Нп-65, Нп-80. Для получения твердости 37...41 HRC наплавку ведут проволокой Нп-30ХГСА, а твердости 180...240 НВ — проволокой Св-08.

Вибродуговая наплавка позволяет получать покрытия высокой твердости и износостойкости без последующей термообработки путем подбора электродной проволоки нужного состава. Деталь нагревается до температуры не выше 100 °С и не деформируется.

Наплавленный металл имеет равномерную толщину. Низкое напряжение процесса уменьшает опасность работ. Однако процесс снижает усталостную прочность деталей, испытывающих знакопеременную нагрузку, не обеспечивает одинаковую твердость на различных участках покрытия.

*Электрошлаковая наплавка* характерна тем, что ток проходит от электрода к детали через жидкий шлак с выделением тепла, достаточного для плавления шлака и электродного металла. Температура шлаковой ванны выше, чем температура плавления присадочного материала электрода. Присадочный материал оседает на дно ванны и превращается в покрытие с помощью охлаждающего кристаллизатора, который придает наносимому слою необходимую форму.

Процесс наиболее применим для восстановления крупных деталей с большими износами, а также венцов шестерен. Способ отличается высокой производительностью. Количество электродного металла, расплавленного одним и тем же количеством энергии, в 2...3 раза больше, чем при ручной сварке, и в 1,5 раза

больше, чем при наплавке под флюсом. Кроме того, при электрошлаковой наплавке отсутствует дуговой разряд, разбрызгивание шлака и присадочного материала практически исключено. Наблюдается небольшой расход флюса. Расход электроэнергии ниже. Лучше удаляются вредные вещества, выше стойкость к образованию трещин.

*Сущность процесса намораживания* покрытия из расплава заключается в том, что наплавленный металл затвердевает на очищенной от оксидной пленки поверхности заготовки, которая погружается в расплав этого металла. Заготовку после кратковременной выдержки извлекают из расплава и на ее поверхности образуется слой наплавленного металла.

Основные операции намораживания: подготовка присадочного материала и наплавляемой поверхности, погружение заготовки в расплав металла, ее выдержка и извлечение, охлаждение изделия.

*Плазменная наплавка* характеризуется использованием высокотемпературной плазменной струи. Наплавляемый материал подают в плазменную струю.

Подаваемый проволочный материал может подогреваться предварительно. Для этого в зону наплавки вводят две проволоки, которые последовательно подключены к источнику питания переменного тока. Проволоки нагреваются за счет омического действия тока, а затем быстро расплавляются в сварочной ванне.

Наплавочный материал может подаваться в плазменную струю и в порошкообразном состоянии.

В качестве плазмообразующего газа применяют смесь гелия (75%) и аргона (25%), а в качестве защитного газа применяют аргон, который защищает сварочную ванну и кристаллизующийся металл от действия окружающего воздуха позади плазменной горелки.

Преимущества плазменной наплавки — высокая производительность, малая зона термического влияния и незначительная деформация заготовки. Процесс применяют для восстановления и упрочнения деталей нежесткой конструкции и нанесения покрытий из тугоплавких материалов. Наплавляют коррозионностойкую сталь, никель и его сплавы, сплавы меди и др.

*При электромагнитной наплавке* в зазоре между заготовкой и полюсным наконечником создают магнитное поле, а к заготовке и полюсному наконечнику подают напряжение. Восстановительное покрытие создается за счет введения ферромагнитного порошка в это пространство с электромагнитным полем. Частицы порошка нагреваются в зазоре, оплавляются и закрепляются на восстанавливаемой поверхности. Хорошую обрабатываемость и износостойкость имеют покрытия из высокохромистого чугуна эвтектического состава и из быстрорежущих сталей Р6М5К5 и Р6М5Ф3. Способ

позволяет совмещать во времени процессы нанесения покрытия и пластического поверхностного деформирования.

Сущность *электроконтактной приварки металлического слоя* (рис.3.10) состоит в закреплении материала на изношенной поверхности мощными импульсами тока. Металлический слой создают из проволоки, порошков, ленты и их сочетаний. В точках контакта металла детали и покрытия происходит расплавление материала в результате омического действия тока. Металл покрытия расплавляется лишь в тонком поверхностном слое контакта детали и частиц покрытия.

Слой приваривают ко всей поверхности детали перекрывающимися точками за счет регулирования силы и частоты тока. Точки располагаются по винтовой линии. Перекрытие точек достигают вращением детали с частотой, пропорциональной частоте импульсов и скорости продольного перемещения сварочной головки. Импульсы сварочного тока получают с помощью прерывателей, используемых в контактных сварочных машинах. Для уменьшения нагрева детали и улучшения условий закалки приваренного слоя в зону сварки подают охлаждающую жидкость.

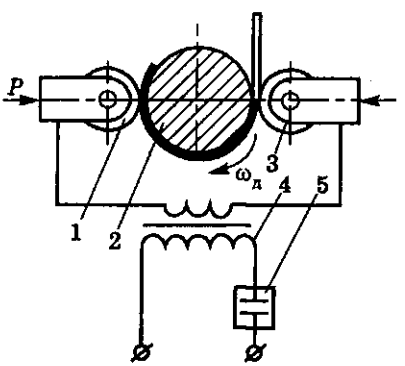


**Рис.3.10. Схема электроконтактной приварки металлического слоя:**
**1 и 3 — ролики;**
**2 — восстанавливаемая деталь;**
**4 — трансформатор;**
**5 — прерыватель тока;**
***P* — сила прижатия слоя;**
**$\omega_д$ — угловая частота вращения детали**

Преимущество приварки металлического слоя с охлаждением рабочей зоны заключается в отсутствии нагрева и деформации детали, нанесении на стальную или чугунную поверхность регулируемого по толщине слоя, создании необходимого припуска на обработку, обеспечении закалки слоя непосредственно в процессе приварки, исключении выгорания легирующих элементов, применении различных сочетаний присадочных материалов.

Способ применяют для восстановления шеек и резьбовых участков валов, наружных цилиндрических поверхностей других деталей, а также отверстий в чугунных и стальных деталях. Материал оказывает наибольшее влияние на твердость и прочность покрытия.

Шейки валов, подверженные абразивному изнашиванию, упрочняют путем создания на трущихся поверхностях в виде композиционного покрытия опорных контактных площадок из особо твердых материалов, закрепленных в более мягкой связующей матрице.

В качестве связующей матрицы применяют сталь 50, в которую внедряют стандартные твердосплавные порошки ВК8 или гранулированные твердые сплавы ПТЖ23Н6М по ТУ 14-127-131-80 зернистостью 300...500 мкм. Покрытие наносят с помощью конденсаторных шовных машин для контактной сварки, например МШК-2002 (К-421М) или с помощью специальных установок, созданных ВНПО «Ремдеталь» и работающих на переменном токе. Восстановленные шейки валов шлифуют алмазным кругом АПП 300×27×127×5 АСВ 100/80 МВ1 на металлической связке.

На образцах с композитным покрытием в поверхностном слое создаются преимущественно сжимающие остаточные напряжения.

Предел усталостной прочности образцов только на 8% ниже, чем у эталонных образцов из стали 45 с поверхностной закалкой до HRC 52.

## КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Качество сварных соединений обеспечивают содержанием сварочного оборудования в исправном состоянии, контролем операций подготовки металла к сварке, качеством электродов, флюса и проволоки, выполнением сварочного процесса в интервалах значений, установленных технологическим процессом.

Качество сварки в готовом изделии определяют путем внешнего осмотра, измерения геометрических параметров швов, испытания швов на течь, просвечивания их рентгеновскими или гамма-лучами, металлографических исследований и механического испытания образцов.

## ОХРАНА ТРУДА

Опасность при сварке и наплавке представляют световое излучение, электрическое напряжение, капли расплавленного металла, газы и сварочные аэрозоли.

Сварочно-наплавочные работы проводят в отдельных помещениях или кабинах. Свободная площадь кабин составляет 3...4 м$^2$. Дверные проемы закрывают занавесом из огнестойкого материала. Поверхности стен окрашивают в светлые матовые тона для ослабления контраста между яркостью электрической дуги и освещением в помещении. Отражение от стен ультрафиолетовых лучей уменьшается за счет добавления в окрашиваемые материалы оксида цинка.

Сварочное оборудование должно быть надежно заземлено. Помещение оборудуют общей приточно-вытяжной вентиляцией, а рабочие места — местными отсосами, которые располагают вверху, сбоку и внизу относительно рабочего из расчета, чтобы струи удаляемого вещества проходили мимо зоны дыхания сварщика.

Сварщик работает в брезентовой спецодежде, спецобуви, рукавицах и в маске, смотровое окно которой защищено двумя стеклами — светофильтром от инфракрасных и ультрафиолетовых лучей и наружным бесцветным для предохранения от брызг металла. Для защиты от шума плазменной струи применяют наушники с каской или противошумные тампоны.

Масла не должны попадать на оборудование, соприкасающееся с кислородом.

Ацетиленовые генераторы устанавливают в отдельном несгораемом помещении с легкой кровлей. Температура воздуха в этом помещении не ниже 5 °С.

## 3.5. НАПЫЛЕНИЕ

Напыление материала включает его нагрев, диспергирование (дробление), перенос и удар частиц о восстанавливаемую поверхность или покрытие, деформирование и закрепление. При напылении частицы материала нагреваются за счет теплообмена с высокотемпературной средой, разгоняются струей движущегося газа, достигают поверхности детали, имея большой запас кинетической и тепловой энергии. Эта энергия расходуется на деформирование и закрепление частиц покрытия. Соединение металлических частиц с поверхностью детали носит в основном механический характер. Имеются также силы физического взаимодействия и металлической связи.

Достоинство процесса: высокая производительность, небольшой нагрев детали (150...200 °С), высокая износостойкость покрытий, возможность регулирования в широких пределах химического и фазового состава покрытия, возможность нанесения покрытий необходимой толщины и на различные материалы (в том числе на неметаллы) из металлов, сплавов, оксидов, нитридов, карбидов и пластмасс. К недостаткам процесса относится невысокая адгезионная и когезионная прочность покрытий по сравнению с прочностью монолитного металла. Процесс напыления применяют для восстановления, упрочнения и коррозионной защиты поверхностей.

При восстановлении деталей напыляют коренные опоры блоков цилиндров, плоскости силуминовых головок цилиндров, шейки коленчатых валов из высокопрочного чугуна, юбки поршней и другие элементы.

Процесс включает очистку, предварительную и дробеструйную обработку восстанавливаемой поверхности, закрытие экранами невосстанавливаемых поверхностей (или нанесение лака) и нанесение покрытия.

В зависимости от вида энергии, расходуемой на нагрев и движение частиц материала, различают напыление: электродуговое, индукционное, газопламенное, плазменное, детонационное и др.

*Электродуговое напыление* основано на расплавлении двух проволок, между которыми возбуждается электрическая дуга, ускорении и распылении капель расплавленного металла струей сжатого воздуха, подающегося в пространство электрической дуги.

Покрытие наносят ручными аппаратами ЭМ-3, ЭМ-9 и ЭМ-14 и станочными — ЭМ-6, МЭС-1 и ЭМ-12. Проволока подается в зону горения воздушной турбинкой в ручных аппаратах или электродвигателем — в станочных.

Основное преимущество электродугового напыления заключается в его большой производительности. Температура электрической дуги достаточна для нанесения покрытий из тугоплавких металлов. Если применять в качестве электродов проволоки из двух различных металлов, то можно получить покрытие из их сплава. Оборудование для электродугового напыления простое, а эксплуатационные затраты небольшие. Однако наблюдается значительное выгорание легирующих элементов и пониженная плотность покрытия.

*Индукционное напыление* разработано и впервые применено в СССР. Напыляемая проволока подается в индуктор, нагревается и расплавляется вихревыми токами, возникающими за счет переменного магнитного поля. Расплавленный металл распыляется сжатым воздухом. Головка индукционного аппарата (рис.3.11) имеет высокочастотный индуктор и концентратор тока, который обеспечивает нагрев проволоки на небольшом участке. Ток высокой частоты вырабатывают ламповые, машинные или тиристорные генераторы.

Высокочастотное напыление обеспечивает небольшое окисление металла и высокую прочность покрытий, но имеет невысокую производительность процесса, а применяемое оборудование сложное и дорогое.

*Газопламенное напыление* производится при помощи аппаратов, в которых плавление наносимого материала производится за счет горения ацетилена, пропан-бутана или водорода в кислороде, а распыление материала — струей сжатого воздуха. Материал покрытия в виде проволоки или порошка подают в зону пламени с наибольшей температурой. Распространены аппараты для газопламенного напыления МГИ-1-57, ГИМ-1 и др. Этот вид напыления обеспечивает небольшое окисление металла, его мелкий распыл и высокую прочность покрытия.

*Плазменное напыление* основано на использовании энергии плазменной струи для нагрева и переноса частиц металла. Напыляемый материал вводят в сопло плазменной горелки (рис.3.12). Порошкообразный материал подают из питателя с помощью транспортирующего газа.

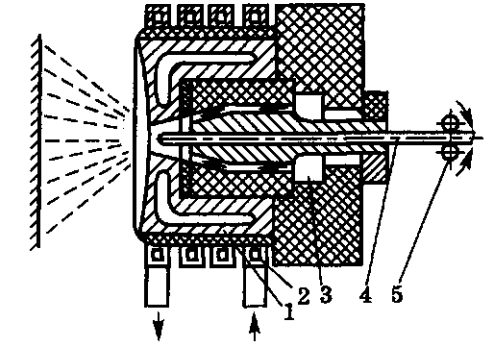


**Рис.3.11. Схема устройства для индукционного напыления: 1 — концентратор тока; 2 — индуктор; 3 — воздушный канал; 4 — проволока; 5 — подающие ролики**

Процесс обеспечивает высокую производительность. Высокие физико-механические свойства покрытий объясняются высокой температурой плазмы и скоростью ее истечения, применением инертных плазмообразующих газов, возможностью регулирования аэродинамических условий формирования металлоплазменной струи. Нагрев заготовки от технологического соприкосновения ее с плазменной струей незначителен, в материале детали не происходят структурные преобразования, возможно нанесение тугоплавких материалов и многослойных покрытий из различных материалов с сочетанием плотных и твердых нижних слоев с пористыми и мягкими верхними (для улучшения приработываемости), износостойкость покрытий высокая, достижима полная автоматизация процесса. Прочность соединения покрытия с основой выше прочности, достигаемой предыдущими способами напыления.

Свойства плазменных покрытий существенно улучшаются за счет их оплавления ацетиленокислородным пламенем, плазменной струей или токами высокой частоты. При этом плавится наиболее легкоплавкая часть материала. Жидкое состояние части покрытия способствует интенсивному протеканию диффузионных процессов. Металл заготовки остается в твердом состоянии. В результате оплавления значительно повышается прочность соединения покрытия с основой, увеличивается когезионная прочность, исчезает пористость и повышается износостойкость.

Оплавленные покрытия из сплавов на основе никеля ПГ-СР2, ПГ-СР3 и ПГ-СР4 имеют такие свойства: твердость покрытий HRC 35...60 в зависимости от содержания в них бора; повышенную в 2...3 раза износостойкость по сравнению с закаленной сталью 45, что объясняется присутствием в структуре покрытия твердых кристаллов (боридов и карбидов); повышенную в 8...10 раз прочность соединения покрытия с основой по сравнению с прочностью соединения неоплавленных покрытий; повышенную на 20...25% усталостной прочностью.

Плазменное напыление с последующим оплавлением целесообразно применять для восстановления поверхностей деталей, работающих в условиях знакопеременных и контактных нагрузок.

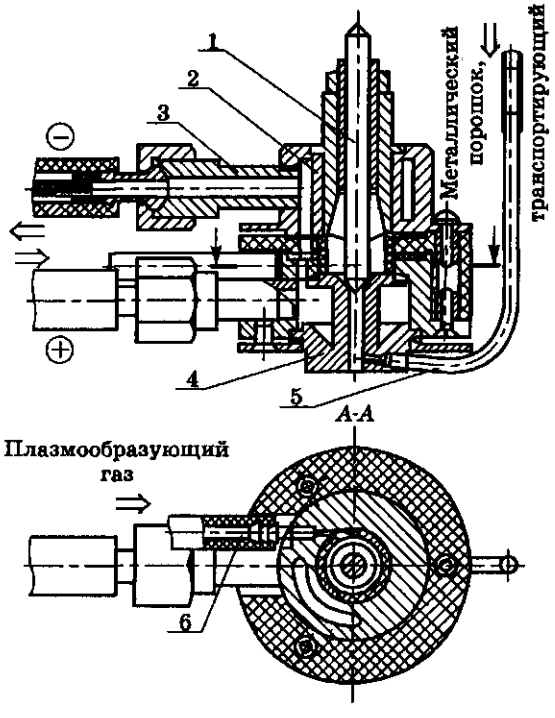


**Рис.3.12. Плазменная горелка ГН-5М: 1 — электрод-катод; 2 — корпус; 3 — подвод воды; 4 — сопло-анод; 5 — подвод порошка; 6 — подвод газа**

*Детонационное напыление.* Покрытия с малой пористостью (до 1%) и высокой прочностью соединения с подложкой (до 200 МПа) получают с помощью детонационного напыления на установках «Днепр-3» или «Катунь».

Наносимые частицы при детонационном напылении приобретают энергию во время горения и перемещения ацетиленокислородной смеси в стволе пушки длиной 1200...2000 мм и диаметром 8... 40 мм. Скорость распространения детонационной волны 2000...4000 м/с, а температура сгорания смеси 2200...3100 °С.

В качестве исходных материалов покрытий применяют различные металлические порошки с размером частиц 10...50 мкм, не реагирующие с продуктами сгорания.

Следует отметить, что процесс характеризуется высоким уровнем шума — 125...140 дБ и содержанием в отработавших газах оксидов углерода, азота и других элементов.

В качестве напыляемых материалов применяют проволоку, порошковые сплавы или шнуровые материалы.

При газопламенном и электродуговом напылении обычно применяют углеродистую или пружинную проволоку. Для деталей, работающих в условиях трения, рекомендуется стальная проволока с повышенным содержанием углерода.

Номенклатура выпускаемых порошков для газопламенного и детонационного напыления широкая. Применяют износостойкие покрытия из порошковых сплавов на основе никеля или более дешевые сплавы на основе железа с высоким содержанием углерода.

Повышение прочности соединения покрытий с основой достигается предварительным нанесением термореагирующего под-

слоя из алюминида никеля. Составляющие покрытия при нагреве и осаждении взаимодействуют между собой с выделением тепла, обеспечивающего металлургическую связь напыляемого материала с подложкой. Прочность соединения при этом достигает 50 МПа.

Ряд порошков для газотермического напыления (ПГ-12Н, ПГ-19Н и др.) выпускает Торезский завод наплавочных твердых сплавов по лицензии швейцарской фирмы «Кастолин».

Совместное российско-французское предприятие «Технокорд» (Russia — French Joint Enterprice) разработало и поставляет шнуровые материалы с порошковым наполнением для газотермического напыления и наплавки. Шнуровые материалы представляют собой композиционный материал проволочного вида, полученный экструзией и состоящий из порошкового наполнителя и органической связующей, полностью сублимирующейся при нагреве свыше 400 °С. Выпускают четыре типа шнуровых материалов, три из которых применяют для восстановления деталей.

Шнуровые материалы «Рок-Дор» на основе самофлюсующихся сплавов системы Ni (Co) — Cr — B — Si и их смесей с карбидом вольфрама применяют при нанесении защитных покрытий, устойчивых против коррозии и повышенной температуры (до 800 °С), стойких к абразивному изнашиванию. Покрытия после нанесения оплавляют при температуре 980...1200 °С, что обеспечивает металлургическое взаимодействие покрытия с основой по типу пайки твердым припоем.

Шнуровые материалы типа «Сфекорд-Экзо», содержащие добавки для экзотермического эффекта, наносят без оплавления. Материал «Ниалид-Экзобонд», содержащий 95% Ni и 5% Al, применяют в качестве подслоя. Материалы «Сфекорд-Экзо» №15, 20 и 30 содержат Ni, Cr, B, Si, Al, материал «Сфекорд-Экзо» №35 — дополнительно Fe, а материал «Сфекорд-Экзо» №40 — Mo. Последние два материала наносят на поверхности шеек и кулачков коленчатых и распределительных валов.

Шнуровые материалы «Сфекорд-HR» изготовлены на основе зерен размером 0,1...3 мм из литого карбида вольфрама (одного из самых твердых неприродных минералов) в матрице из специальных самофлюсующихся сплавов системы Ni — Cr — B — Si. Материалы применяют для износостойкой наплавки.

Готовые шнуровые материалы для напыления имеют вид проволоки диаметром 3.00, 3,17, 4,00 и 4,75 мм, а для наплавки — диаметром 2,5...6,5 мм. Длина шнура в зависимости от его диаметра изменяется от 40 до 300 м. Материалы распыляют пистолетом ТОПЖЕТ/2, который обеспечивает пять скоростей подачи шнура.

Покрытия, полученные газопламенным напылением шнуровых материалов, представляют альтернативу плазменным покрытиям.

# 3.6. ПАЙКА

Процесс пайки заключается в неразъемном соединении двух металлических поверхностей с помощью припоя — расплавленного промежуточного сплава, имеющего меньшую температуру плавления, чем основной металл.

Пайку применяют при ремонте радиаторов, топливных баков, трубопроводов, карбюраторов, приборов электрооборудования и др.

## ПРИПОИ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Применяют оловянно-свинцовые, медно-цинковые и алюминиевые припои, медь и ее сплавы, серебро и его сплавы, сплавы на основе никеля и др. Различают низко- и высокотемпературные припои. Температура полного расплавления последних превышает 450 °С.

Температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления основного металла, жидкий металл должен иметь высокую жидкотекучесть, а значения коэффициентов теплового расширения припоя и материала детали должны быть близкими.

Оловянно-свинцовые припои плавятся при температуре не выше 280 °С. Припои ПОС-18 (17...18% свинца) применяют для соединений обычного назначения, ПОС-30 и ПОС-40 — для герметичных соединений, ПОС-50 и ПОС-61 — для ответственных соединений, которые не должны окисляться при работе.

Медно-цинковые припои ПМЦ-48 (46...50% меди) применяют для соединения деталей из медных сплавов, не подверженных изгибающим, ударным и вибрационным нагрузкам, ПМЦ-54 — для соединения медных, бронзовых и стальных деталей. Температура плавления припоев составляет 800...900 °С.

Высокопрочное соединение деталей из меди, сталей и чугунов получают, если в качестве припоя применяют латуни Л-63 и Л-68.

Алюминиевые припои применяют для пайки деталей из алюминиевого сплава. Распространены алюминиево-кремниевые 34А и алюминиево-медные П590А припои, которые обеспечивают как прочные, так и коррозионностойкие соединения.

При пайке ответственных изделий применяют припои, содержащие серебро. Паяные соединения характеризуются высокими физико-механическими свойствами.

## ФЛЮСЫ

Флюсы необходимы для удаления оксидов с поверхности детали и защиты ванночки расплавленного металла от окисления в процессе пайки. Состав флюса зависит от состава припоя и соединяемых металлов. При пайке деталей из стали, меди и ее

сплавов оловянно-свинцовыми припоями применяют флюсы на основе хлористого цинка. Бескислотные флюсы на основе канифоли используют при пайке деталей электрооборудования. При пайке металлов высокотемпературными припоями применяют буру, борный ангидрид, а также флюсы, состоящие из смеси фтористого калия, фторбората калия и борного ангидрида. Последние флюсы имеют более низкую температуру плавления. При пайке алюминия и его сплавов с применением высокотемпературного припоя на основе алюминия рекомендуются специальные флюсы из смеси хлористых солей калия, лития, натрия и цинка.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПАЙКИ

Процесс пайки включает очистку поверхностей, прогрев металла до температуры, близкой к температуре плавления припоя, флюсование, расплавление припоя, перенесение его на поверхность основного металла и заполнение им шва, кристаллизацию и обработку шва.

Основное условие получения прочного соединения заключается в создании условий взаимодействия материала припоя с материалом основного металла в виде растворения или диффузии.

Подготовка поверхностей к пайке состоит в очистке кромок деталей от загрязнений механическим путем или травлением. Для травления стальных деталей применяют кислотные или щелочные растворы. Место пайки очищают 10...15%-ным раствором соляной кислоты в воде.

При пайке применяют ручные паяльники — нагреваемые предварительно, газовые, электрические. Паяльники первого вида массивные, их изготавливают из меди. Нагрев ведется в горне или на электрической плитке. Газовые паяльники используют тепло горючих газов, а электрические — тепло, выделяющееся от прохождения электрического тока.

Припой и кромки деталей (при пайке низкотемпературными припоями) нагревают до температуры, которая превышает температуру полного расплавления припоя на 40...50 °С.

Пайку высокотемпературными припоями применяют при устранении трещин и закреплении ДРД и контактов электрооборудования. После очистки кромок детали их покрывают флюсом и туда укладывают припой в виде колец, прутков, пластинок и т.п. Деталь в месте пайки нагревают до температуры, превышающей температуру полного расплавления припоя. Время выдержки жидкого припоя должно быть достаточным для заполнения зазора и протекания диффузионных процессов между припоем и кромками детали. Весьма прогрессивный способ расплавления припоя в печах с контролируемой атмосферой или в соляных ваннах.

Сложность пайки из алюминиевого сплава заключается в трудности удаления и разрушения оксидной пленки. Бесфлюсовая пайка выполняется абразивными или ультразвуковыми паяльниками. Абразивный стержень паяльника первого вида, изготовленный из прессованной мелкой стружки припоя и измельченного асбеста, нагревается теплом электрической спирали, а затем облуживает поверхность с ее очисткой от оксидов под слоем расплавленного припоя. При пайке ультразвуковым паяльником в расплавленном припое возникают ультразвуковые колебания, разрушающие оксидную пленку.

После пайки детали медленно охлаждают, очищают от наплывов припоя и промывают водой от остатков флюса.

Качество пайки емкостей и радиаторов контролируют опрессовкой сжатым воздухом или водой.

### ОХРАНА ТРУДА

Флюсы и припои содержат вредные для здоровья работающего элементы (Pb, Zn, Li, Ca, Na, Cd и др.). Эти элементы и их оксиды в виде пыли, паров и аэрозолей находятся в зоне пайки. Рабочие места оснащены местными отсосами, которые выведены в общую вентиляцию.

Медники работают в рукавицах из асбестовой ткани для защиты рук от попадания кислотных флюсов и расплавленного припоя. Разбрызгивание припоя уменьшается при подогреве деталей до температуры 110...120 °С. Промывку деталей от остатков кислотных флюсов ведут в ваннах, слив воды из которых в канализацию допустим после ее обезвреживания.

## 3.7. НАНЕСЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ

Процесс нанесения гальванических покрытий основан на явлениях электролитической диссоциации и электролиза.

Электролитическая диссоциация заключается в расщеплении молекул вещества, находящихся в растворе, на положительные и отрицательные ионы в результате их взаимодействия с молекулами растворителя. Необходимое условие явления — молекулы растворителя и растворенного вещества должны иметь полярное строение. Растворенный металл приобретает в результате этого процесса положительный электрический потенциал (потенциал равновесия).

Приложение постоянного напряжения к паре электродов, помещенных в диссоциированный раствор кислот, щелочей или

солей, приводит к возникновению в нем электрического тока за счет упорядоченного перемещения ионов. Разряд и осаждение на электродах молекул растворенных веществ представляет собой явление электролиза (рис.3.13).

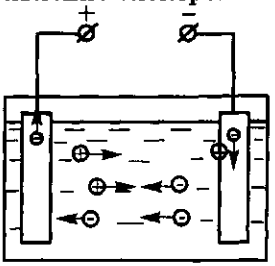

**Рис.3.13. Схема процесса электролиза**

В ремонтной практике применяют процесс нанесения защитно-восстановительных покрытий на изношенные поверхности деталей, помещенных в раствор-электролит в качестве катода.

Количество вещества $m$, выделяющегося на электроде, определяют с помощью объединенного закона М.Фарадея:

$$m = \frac{AIt}{FZ}, \text{ г}, \qquad (3.8)$$

где $A$ и $Z$ — атомная масса и валентность осаждаемого элемента; $I$ — ток, А; $t$ — время осаждения, час; $F = 1/C$ — число Фарадея, равное количеству электричества, которое нужно пропустить через электролит для выделения на электроде 1 грамм-эквивалента любого вещества; $C$ — электрохимический эквивалент, г/А·ч.

Отношение массы действительно выделившегося металла на электроде к теоретически возможному его количеству называется коэффициентом выхода по току $\eta$, который всегда меньше единицы.

Толщину электролитического осадка $h$ определяют по формуле:

$$h = \frac{CD_k t\eta}{10\gamma}, \text{ мм}, \qquad (3.9)$$

где $D_k = I/S_k$ — плотность тока, А/дм$^2$; $S_k$ — площадь катода, дм$^2$; $\gamma$ — плотность осажденного металла, г/см$^3$.

Гальванические покрытия применяют для повышения износостойкости и наращивания изношенных деталей (Cr, Fe, Ni, Cu), для придания защитно-декоративных (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Sn, Pb) и антифрикционных свойств (Fe, Cu, Zn, Sn), улучшения приработываемости трущихся поверхностей (Cu, Sn, Pb). Восстановлению подлежат детали с небольшими износами, но с высокими требованиями к износостойкости и твердости их поверхностей.

Процесс нанесения гальванических покрытий обеспечивает сохранение структуры материала детали за счет отсутствия тепловложения в него, высокую износостойкость и твердость покрытий, равномерную их толщину, большое количество одновременно восстанавливаемых деталей и возможность автоматизации, использование недорогих материалов. Однако скорость нанесения покрытий низкая (гальванический процесс самый длительный по сравнению с другими процессами нанесения покрытий). Процесс

многооперационный и сопровождается большим расходом воды и загрязнением сточных вод ионами тяжелых металлов.

В ремонтном производстве наиболее распространены железнение, хромирование и цинкование. Первые два процесса обеспечивают получение износостойких покрытий, последний — как износостойких, так и защитных.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Процесс нанесения гальванических покрытий содержит предварительную механическую обработку восстанавливаемых поверхностей, их очистку, установку деталей на подвески, защиту мест, не подлежащих восстановлению, обезжиривание, травление и анодную обработку, осаждение металла, нейтрализацию остатков электролита на деталях, промывку в холодной и горячей водах, снятие деталей с подвесок и удаления изоляции, сушку и термообработку (по необходимости).

Следы коррозии и маслогрязевые отложения удаляют с восстанавливаемых деталей с помощью шлифовальных шкурок и органических растворителей (керосина, уайт-спирита, дихлорэтана).

При установке деталей на подвески необходимо обеспечить надежный электрический контакт в цепи «деталь — подвеска — штанга» и убедиться в наличии условий для равномерного осаждения покрытия и всплытия пузырьков выделяющегося водорода.

Невосстанавливаемые поверхности изолируют нанесением токонепроводящих материалов.

Поверхности обезжиривают органическими растворителями, растворами щелочей, протиранием венской известью (смесью оксидов кальция и магния) и электрохимическим путем.

Детали после обезжиривания тщательно промывают сначала в теплой (около 60 °С), а затем в холодной (17...20 °С) воде.

Тонкая пленка оксидов с поверхности удаляется травлением, которое бывает химическим или электролитическим. Покрытие будет прочно закреплено на восстанавливаемой поверхности, если к началу его нанесения толщина оксидной пленки на этой поверхности не будет превышать 0,005 мкм.

Электролитические процессы протекают в гальванических ваннах с кислотостойкой футеровкой. Постоянный ток под напряжением около 6 В вырабатывают источники тока.

В качестве электролита при железнении наиболее распространен раствор хлористого железа (300...500 г/л) и соляной кислоты (2...3 г/л) в воде.

Для поддержания необходимой массовой доли ионов железа применяют растворимые аноды из армко-железа, площадь которых превышает площадь катодов примерно в два раза.

Во время электролиза на электродах протекают следующие процессы: на катоде — разряд ионов железа, выделение водорода, восстановление трехвалентного железа; на аноде — растворение железа, окисление двухвалентного железа, выделение кислорода. Катодная плотность тока — 5...15 А/дм$^2$.

При хромировании применяют универсальный электролит состава: ангидрид хромовый (200...250 г/л), серная кислота (2...2,5 г/л). Удовлетворительные хромовые покрытия получаются лишь в присутствии ионов $SO_4$ или F в строго определенном количестве и с применением нерастворимых свинцово-сурьмянистых анодов. Постоянная массовая доля ионов $SO_4$ поддерживается за счет присутствия в растворе труднорастворимого сульфата стронция $SrSO_4$. Такие электролиты называют саморегулирующимися. Катодная плотность тока при хромировании — 35...100 А/дм$^2$, а выход по току — 17...22%.

Во время хромирования на катоде одновременно протекают три процесса: восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного, выделение водорода, осаждение металлического хрома. На аноде выделяется газообразный кислород и окисляется трехвалентный хром в шестивалентный.

Как средство повышения производительности процесса и качества покрытий применяют нестационарные процессы их нанесения в виде использования реверсивного и асимметричного тока, проточных способов электролиза, наложения на зону осаждения покрытия ультразвуковых колебаний, повышения температуры электролита и др.

Детали после нанесения покрытия промывают в ванне-сборнике электролита в целях его экономии и обеспечения чистоты сточных вод. Затем следует промывка в проточной воде, после чего детали погружают в раствор нейтрализации и окончательно промывают в теплой проточной воде. Детали снимают с подвесок, удаляют с них изоляцию и сушат в опилках, подогретых до 120...130 °С, или в сушильном шкафу.

Электролитические осадки по своим свойствам и строению отличаются от металла, полученного в обычном металлургическом процессе. Осажденное железо по своему составу приближается к малоуглеродистой стали с содержанием углерода 0,03... 0,06%, однако его кристаллическая решетка напряжена, а по своим физико-механическим свойствам осадки близки к закаленной стали.

Электролитический хром по внешнему виду бывает блестящим, молочным или серым. Блестящий хром имеет высокие твердость и износостойкость, хрупкость и внутренние напряжения. На его поверхности видны под микроскопом мелкие пересекающиеся трещины. Молочный хром имеет повышенную износостойкость, большую вязкость и пониженную твердость. Сетка трещин на нем отсутствует. Матовый хром очень твердый и

хрупкий металл, имеющий из-за хрупкости пониженную износостойкость.

Пористые износостойкие хромовые покрытия получаются в результате дополнительной анодной обработки после нанесения покрытия перед извлечением деталей из ванны.

Наибольшее применение из процессов нанесения защитных покрытий получило цинкование. Цинк на поверхности обеспечивает надежную катодную защиту стальных изделий.

Отходы гальванического участка (ионы тяжелых металлов и электролиты) обезвреживаются с помощью гидрооксида железа $Fe(OH)_2$, который получают из стальных отходов путем электролиза.

Свойства деталей, восстановленных нанесением гальванических покрытий, характеризуются прочностью соединения покрытия с поверхностью детали, твердостью, износостойкостью, внутренними напряжениями и усталостной прочностью. Наибольшее влияние на указанные свойства оказывают следующие величины процесса: плотность и вид тока; вид и массовая доля составляющих; температура и скорость перемещения электролита у поверхности катода.

Прочность соединения покрытия с деталью зависит от подготовки восстанавливаемой поверхности, условий нанесения покрытия, структуры покрываемого материала, внутренних напряжений и др. Межмолекулярные силы, обусловливающие сцепление, заметно проявляются, когда расстояние между взаимодействующими поверхностями соизмеримо с межатомными расстояниями. Поэтому важнейшее значение для соединения покрытия с основой имеет удаление пленок оксидов на подготовительных операциях.

К увеличению твердости покрытий приводят уменьшение температуры и массовой доли компонентов электролита и увеличение катодной плотности тока. Однако рост твердости с повышением плотности тока происходит до определенного предела.

Наиболее износостойки те покрытия, которые имеют достаточную твердость и вязкость. Мелкокристаллическое строение и наличие пор на поверхности, служащих масляными резервуарами, повышает износостойкость покрытий.

Внутренние напряжения в покрытиях оказывают большое влияние на твердость, усталостную прочность и прочность соединения с подложкой. На величину и знак внутренних напряжений значительно влияет режим электролиза.

Покрытия, полученные при низкой температуре электролита, небольшой массовой доле его компонентов и высокой катодной плотности тока, характеризуются напряженной структурой и большим запасом энергии, которая образуется из-за упругого смещения атомов от их равновесного положения. Силы, стремящиеся возвратить смещенные атомы в их равновесное состояние,

и есть внутренние напряжения. Эти напряжения растут с увеличением толщины покрытий.

Усталостная прочность детали с покрытием тесным образом связана с их внутренними напряжениями. Внутренние напряжения при действии знакопеременных нагрузок служат дополнительными концентраторами напряжений. Растягивающие внутренние напряжения приводят к уменьшению усталостной прочности.

### ХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Химическим способом наносят никелевые, фосфатные и оксидные защитные покрытия.

Основой процесса химического никелирования является реакция восстановления никеля из водных растворов его солей гипофосфитом натрия. Осажденное покрытие имеет полублестящий металлический вид, аморфную структуру и является сплавом никеля с фосфором. Для повышения защитных свойств никелевых покрытий применяют термооксидирование деталей в воздушной среде при температуре 900 °С в течение 1 ч. В результате процесса на поверхности никеля образуется слой NiO сине-зеленого цвета толщиной 5...7 мкм.

Фосфатирование — процесс осаждения на поверхность металла нерастворимых в воде фосфорнокислых соединений. Фосфатирование стали и чугуна производится в растворе препарата «мажеф» (по начальным буквам составляющих — марганца, железа и фосфорной кислоты). Полученная фосфатная пленка толщиной 7...50 мкм имеет светло-серый цвет и плотную структуру. Прочность соединения пленки с основой велика, а на пленке в свою очередь хорошо закрепляются лакокрасочные материалы, она обладает большой электропробивной прочностью (до 1000 В).

Оксидные пленки на стальных деталях образуются в горячих растворах щелочи в присутствии некоторых окислителей. Сущность процесса заключается в образовании на поверхности плотных пленок из смеси оксидов железа. Цвет оксидной пленки зависит от технологии ее получения и толщины, марки металла и вида механической обработки. Толщина пленки достигает 0,5...0,8 мкм при щелочном оксидировании и до 10 мкм — при высокотемпературных процессах.

## 3.8. ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

***Пластические массы*** — это материалы на основе полимеров, способные под влиянием повышенных температур и давлений принимать заданную форму и сохранять ее в обычных условиях. Кроме полимера в состав пластмасс входят наполнители,

пластификаторы, отвердители, красители, катализаторы (ускорители) и другие добавки.

По степени обратимости состояний при нагреве и охлаждении пластмассы делятся на термореактивные и термопластичные. Термопластичные пластмассы сохраняют начальные свойства после расплавления и затвердевания, а термореактивные пластмассы при нагревании необратимо разрушаются. Термореактивные материалы применяют для изготовления деталей, не испытывающих значительных нагрузок.

Пластмассы применяют для изготовления деталей, нанесения защитно-восстановительных покрытий, склеивания металлов, заделки трещин, герметизации стыков и в других случаях. Промышленное значение имеют полиамидная, полистирольная и полиэтиленовая крошка, мелкодисперсные порошки из полиамида, поливинилбутираля и полиэтилена низкого давления, эпоксидные смолы и синтетические (конструкционные) клеи.

***Поликапроамид*** — представитель полиамидных смол поставляется в виде гранул. Материал стоек к щелочам, маслам, ацетону, спирту, бензину и др. Он применяется для изготовления подшипников и шестерен и для нанесения износостойких и декоративных покрытий на металлические поверхности.

***Полиэтилен*** — относительно твердый пластичный полимер с температурой плавления 120...130 °С. Он эластичен даже при низкой температуре, применяется для изготовления труб и защитных покрытий, а также как изоляционный и упаковочный материал.

***Фторопласт*** — продукт полимеризации этилена, в котором все атомы водорода замещены фтором. По химической стойкости превосходит даже золото и платину. Низкий коэффициент трения и высокая износостойкость позволяют его длительную эксплуатацию при температуре до 250 °С.

Применение полимерных материалов в ремонтном производстве обеспечивает снижение массы деталей, сокращение трудоемкости и затрат на ремонт техники. Недостатки пластмасс, по сравнению с металлами, сводятся к их быстрому старению, малой теплопроводности и небольшой прочности.

Детали из термопластичных материалов изготавливают литьем под давлением на литьевых машинах, а детали из термореактивных материалов получают прессованием порошков в прессформах под прессом. В обоих случаях материал нагревают до плавления или до размягчения. Если необходимо нанести восстановительное покрытие на элемент изношенной детали, то восстанавливаемую часть детали помещают в прессформу.

Тонкослойные покрытия наносят в слое, содержащем взвешенные частицы пластмассы, или газопламенным напылением из термопластичных, сухих, некомкающихся порошков с размерами

частиц 0,10...0,35 мм из полиэтилена, полистирола, полиамида, поливинилбутираля и др. Преимущество нанесения порошков заключается в возможности восстановления металлических деталей сложной формы.

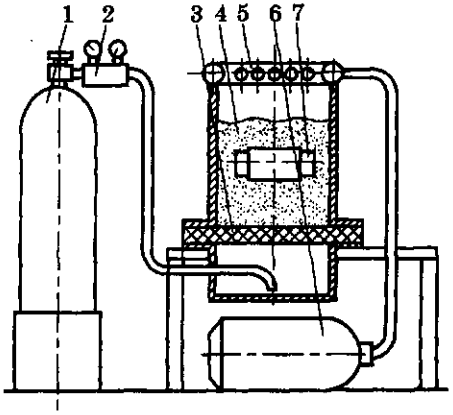


**Рис.3.14. Установка для нанесения пластмассовых покрытий в слое, содержащем взвешенные частицы пластмассы: 1 — баллон; 2 — редуктор давления; 3 — пористая перегородка; 4 — камера; 5 — вытяжное устройство; 6 — пылесос; 7 — восстанавливаемая деталь**

Сущность нанесения покрытия в таком слое (рис.3.14) заключается в том, что очищенную предварительно нагретую деталь помещают на определенное время в камеру, где находится во взвешенном состоянии порошок пластмассы за счет подачи сжатого воздуха через пористую перегородку в нижнюю часть камеры. При контакте с нагретой деталью порошок оплавляется и образует тонкослойное покрытие.

Процесс газопламенного нагрева порошковых пластмасс заключается в следующем. Струя сжатого воздуха со взвешенными частицами порошка пластмассы проходит через факел воздушно-ацетиленового пламени. Частицы порошка оплавляются под действием тепла пламени и, попадая на поверхность детали, подогретой до температуры, близкой к температуре плавления материала, прочно соединяются с металлом.

Способом газопламенного напыления можно наносить покрытия на детали из стали, чугуна и цветных металлов, требующих защиты от влаги и от химически активной среды. Поверхность, подлежащая газопламенному напылению, должна быть шероховатой и тщательно очищенной.

Разновидностью процесса является теплолучевой способ, который основан на том, что в поток инфракрасных лучей подают струю порошкового полимера, частицы которого плавятся и с большой скоростью наносятся на восстанавливаемую поверхность, образуя покрытие (рис.3.15).

В качестве нагревателя применяют кварцевые лампы НИК-200. Воздушно-порошковую смесь подают аппаратом 2 вибровихревого типа с насадкой для распыления. Смесь поступает по шлангу к щелевому распылителю 3.

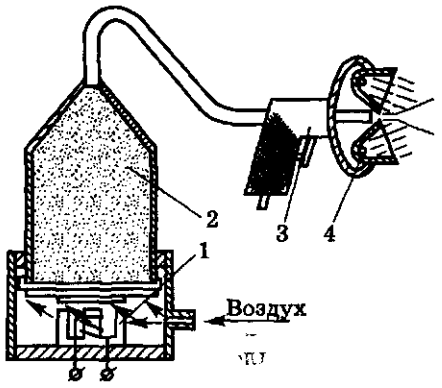


**Рис.3.15. Схема устройства для теплолучевого напыления: 1 — вибратор; 2 — порошковый питатель; 3 — щелевой распылитель; 4 — кварцевые лампы с параболическими отражателями**

Теплолучевое распыление эффективнее газопламенного в 1,5...1,8 раза. При этом расход материала сокращается на 25...30%, расход энергии — в 3,5...4 раза, а физико-механические свойства покрытия повышаются.

Способ применяют для нанесения декоративных покрытий на детали внутреннего интерьера транспортных средств. Покрытие наносят на вращающуюся деталь, после чего она сушится в тепле осветительных ламп с зеркальными отражателями в течение 50...60 мин.

*Полимерные композиции на основе эпоксидных смол* получили наибольшее распространение в ремонте. Под эпоксидными смолами понимаются полимеры, содержащие в своих молекулах эпоксидные группы $\begin{matrix} CH_2 - CH \\ \diagdown\ \diagup \\ O \end{matrix}$, которые обладают высокой реакционной способностью. Наиболее часто применяют смолы марок ЭД-16 и ЭД-20, которые обладают высокой адгезией к металлам.

Термореактивные композиции на основе эпоксидных смол включают в себя четыре и более вида компонентов. Пластификаторы обеспечивают снижение хрупкости, повышение ударной вязкости и стойкости к температурным колебаниям. В качестве пластификаторов применяют дибутилфталат (ДБФ), триэтиленгликоль (ТЭГ-1) и тиокол. Непосредственно перед употреблением в композицию вводят отвердитель. В качестве отвердителей применяют полиэтиленполиамин (ПЭПА), аминофенол (АФ-2). Наполнители сближают коэффициенты термического расширения композиции и покрываемого материала, повышают механическую прочность и теплостойкость шва, уменьшают усадку и снижают стоимость композиции. Чугунный порошок, закись железа, тальк, кварцевая и слюдяная мука изменяют в необходимых пределах значения коэффициента термического расширения покрытия, а графит и дисульфид молибдена снижают темп его изнашивания.

Токсические свойства вязкой эпоксидной композиции полностью исчезают за время ее затвердевания.

Эпоксидные композиции применяют для заделки трещин и пробоин на стенках корпусных деталей, заделки трещин на стен-

ках емкостных деталей (баков, радиаторов), герметизации мест сварки или пайки, нанесения износостойких покрытий.

Концы трещин засверливают, саму трещину разделывают под углом 90...120° на глубину 0,7...0,9 толщины стенки, поверхность вокруг трещины зачищают и обезжиривают, в засверленные отверстия вставляют асбестовые пробки. С помощью шпателя наносят эпоксидную композицию в два слоя, которую сушат.

Пробоины устраняют постановкой заплаты из металлического листа или стеклоткани внахлест на зачищенную и обезжиренную поверхность с нанесенной эпоксидной композицией. На поверхность накладки поочередно наносят 3...5 слоем слоев эпоксидной композиции и стеклоткани и прикатывают роликом.

*Клеи* применяют для склеивания металлов как между собой, так и с другими материалами. Клеевой слой является изолирующей прокладкой, поэтому склеивание металлов с различными электродными потенциалами не вызывает возникновения очагов контактной коррозии.

При ремонте машин для склеивания металлов, неметаллов и их сочетаний широко применяют следующие клеи: фенольно-поливинилацетальные (БФ-2, БФ-4, ВС-10Т, ВС-350), фенольно-каучуковые (ВК-3, ВК-4, ВК-13), кремнийорганические (ВК-2, ВК-8), эпоксидные (ВК-32ЭМ, ВК-1, ВК-1МС, К-153), полиуретановые (ПУ-2, ВК-5), фенольноформальдегидный (ВИАМ-Б3) и клей на основе наиритового каучука и фенольной смолы (88НП). Клеи выпускают в виде готовых пленок или в виде компонентов, смешиваемых перед употреблением.

Процесс склеивания деталей включает такие операции: подготовку склеиваемых поверхностей (зачистку, обезжиривание и придание им шероховатости), нанесение клея в 2...3 слоя с сушкой каждого из них, соединение склеиваемых поверхностей, выдержку под давлением, выдержку вне пресса, обработку шва, проверку качества.

*Герметизирующие мастики, пасты и прокладки* применяют для уплотнения стыков деталей.

Невысыхающие пасты и замазки УН-01 и У-20 выпускают на основе полиизобутилена. Герметики 14НГ-1 и 14НГ-2 изготавливают на основе этиленпропиленового каучука. Материал У-20 применяют для герметизации резьбы, заклепочных соединений, резины со стеклом, сопряжений типа «водяной патрубок — впускная труба» и «корпус водяного насоса — крышка». Материал УН-25 повышает маслостойкость прокладок. Уплотняющие материалы обладают противошумными и антикоррозионными свойствами.

Эластосил 137-83 вулканизируется при контакте с влагой воздуха с образованием резиноподобного материала (диапазон рабочих температур −60...+30 °С). Средство применяют для неподвижных соединений, работающих в водяной, воздушной и масляной средах.

Посадку гильз в блоке цилиндров уплотняют силиконовым герметиком КЛТ-30Б. Применение эластомера ГЭН-150 перспективно для восстановления натягов и герметизации соединений.

Для уплотнения стыков в узлах машин служит новый вид герметизирующего материала — жидкие уплотняющие прокладки. Прокладки ГИПК (Государственного института полимерных клеев) не прикипают к уплотняемым соединениям, а после разборки узлов легко удаляются с поверхности разъема. Прокладка ГИПК-242, например, предназначена для герметизации неподвижных соединений стыков деталей, работающих в водяной, пароводяной и воздушной средах.

## 3.9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Суть восстановления изношенных деталей заключается в возвращении им свойств, заложенных во время изготовления и утраченных при эксплуатации. К таким свойствам относятся твердость и износостойкость трущихся поверхностей, структура и сплошность материала, форма, размеры, взаимное расположение и шероховатость рабочих поверхностей, усталостная прочность, жесткость и распределение массы детали относительно оси вращения. Многократно повторяющийся процесс восстановления детали должен быть построен оптимальным образом по критерию расхода производственных ресурсов (материальных, трудовых и энергетических).

### СХЕМА ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Изношенная деталь ремонтного фонда на пути своего превращения в годную деталь в результате технологических воздействий на нее исполнителей и средств ремонта пребывает в таких состояниях (рис.3.16): исходная заготовка, ремонтная заготовка, восстановленная деталь. Исходная заготовка в общем случае превращается в ремонтную заготовку путем создания припусков на восстанавливаемых поверхностях, а ремонтная заготовка в деталь — в результате механической и химико-термической обработки. Основные технологические операции на этом пути следующие.

Правильную геометрическую форму восстанавливаемым поверхностям придают механической обработкой, предшествующей нанесению покрытий или установке дополнительной ремонтной детали (ДРД).

Авторемонтное производство располагает множеством способов создания припусков на восстанавливаемых поверхностях. Это различные виды наплавок, напыления, нанесения гальванических покрытий, пластического деформирования и др. Ряд деталей (валы, гильзы, поршни и др.) допускают восстановление под ремонтные размеры их шеек, отверстий и плоскостных элементов.

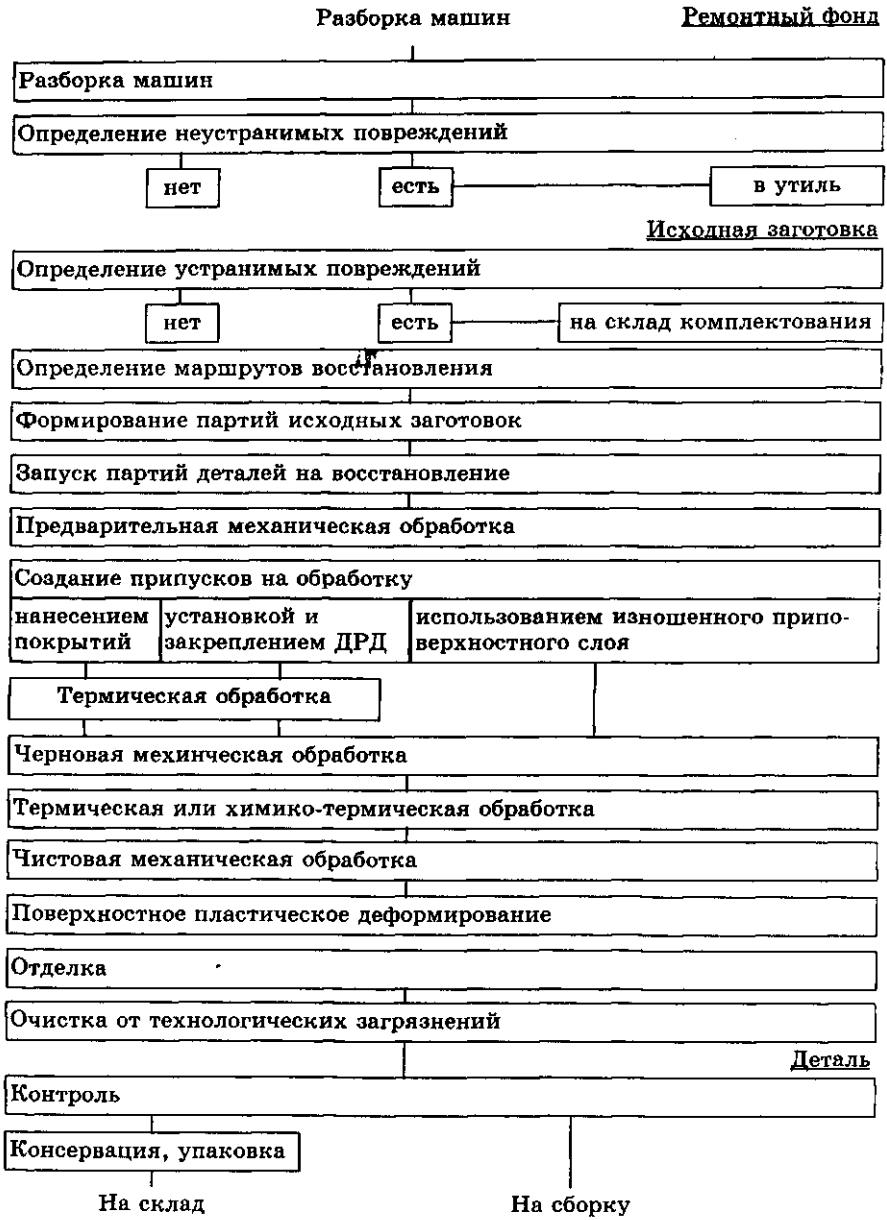


**Рис.3.16. Схема технологического процесса восстановления детали**

На стадии создания ремонтной заготовки в основном формируют материал и структуру рабочих поверхностей детали, что определяет ее послеремонтную надежность. Необходимая износостойкость восстанавливаемых поверхностей достигается выбором материала покрытия, термической или химико-термической обработкой.

Технологические операции, связанные с тепловложением в материал детали при нанесении покрытия, должны быть отделены от последующих операций «технологическим барьером» в виде термической обработки. Назначение последней — снятие внутренних напряжений, уменьшение размера зерна материала и стабилизация формы и размеров детали.

При черновой механической обработке снимают основную часть операционного припуска. Если условно разделить этот вид обработки на две части, то в первой части ее обеспечивают нужное взаимное расположение поверхностей детали, а во второй — форму ее геометрических элементов. Точность взаимного расположения поверхностей обеспечивают выбором технологических баз и ориентированием детали относительно движущегося инструмента, а точность формы — жесткостью и точностью оборудования, выбором инструмента и расчетами режимов обработки.

Заданную точность размеров и шероховатость поверхностей, близкую к нормативной, достигают в результате чистовой обработки. Чистовая обработка для шеек валов — это, в большинстве случаев, абразивная обработка, а для отверстий — тонкое растачивание и хонингование.

Детали, воспринимающие знакопеременную нагрузку, проходят после чистовой обработки операцию поверхностного пластического деформирования, назначение которого — закрыть микротрещины и создать наклепанный слой с внутренними напряжениями сжатия.

Назначение отделочных операций (полирования, суперфиниширования, хонингования) заключается в снятии разупрочненного в результате механической обработки слоя и обеспечении требуемой шероховатости поверхности.

На обработанных деталях находятся технологические загрязнения (стружка, зерна абразивного инструмента, остатки СОЖ, полировальные пасты и др.), которые способны в течение нескольких часов работы вывести из строя систему смазки отремонтированного агрегата или агрегат в целом. Детали, направляемые на сборку, должны быть очищены от этих загрязнений. Особое внимание следует уделить очистке масляных каналов и внутренних полостей.

Операция контроля необходима для установления соответствия состояния восстановленной детали требованиям технической документации (чертежа, карты технического контроля). Контрольная операция оснащена средствами для измерения гео-

метрических параметров, значений физико-механических свойств и других характеристик.

Контрольные измерения геометрических параметров шатунов, поршней и поршневых пальцев производят в термоконстантном помещении при температуре 17...23 °С.

Консервационную защиту деталей до 3...5 дней обеспечивают технические моющие средства, применяемые для очистки деталей от технологических загрязнений. Для более длительного хранения (это относится к деталям, предназначенным для продажи) необходима специальная консервация маслами, промасленной бумагой, парафиносодержащими и другими средствами.

## ПОНЯТИЕ О БАЗАХ

***Базированием*** при механической обработке называется придание заготовке требуемого положения относительно траектории движения инструмента. Поверхности, линии и точки заготовки, используемые для базирования, называют базами.

По назначению различают конструкторские, *технологические* и измерительные базы.

*Конструкторские базы* используют для определения положения детали в изделии. Конструкторские базы, в свою очередь, делятся на основные и вспомогательные. Основные базы ориентируют деталь в агрегате, а вспомогательные — служат для присоединения к ней другой детали. Технологические базы определяют положение заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Измерение расстояний или поворотов одной поверхности производится относительно другой поверхности, линии или точки, которые называются измерительными базами.

По числу лишаемых степеней свободы (свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы) различают *установочные, направляющие и опорные базы. Установочная база* лишает заготовку трех степеней свободы (перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей), направляющая — двух степеней свободы (перемещения вдоль одной и поворота вокруг другой оси), а *опорная* — одной степени свободы (перемещения вдоль оси или поворота вокруг нее). Различают также двойную направляющую и двойную опорную базы. Первая лишает заготовку четырех степеней свободы (перемещений вдоль двух осей и поворотов вокруг этих осей), вторая — двух степеней свободы (перемещений вдоль двух осей). При назначении и смене технологических баз придерживаются таких правил:

в качестве первой технологической базы принимают поверхности, остающиеся необработанными и относительно которых необходимо иметь наименьшее смещение обработанных поверхностей;

из двух поверхностей заготовки — тела вращения в виде первой технологической базы принимают поверхность с наименьшим припуском;

первую технологическую базу используют один раз;

в процессе обработки деталей в несколько операций необходимо, чтобы точные взаимосвязанные поверхности обрабатывались на одних и тех же технологических базах;

стремятся, чтобы технологические, сборочные и измерительные базы совпадали между собой.

## ПОНЯТИЕ О ПРИПУСКАХ

***Припуском*** называют ту часть удаляемого материала, наличие которого на заготовке вызвано необходимостью обеспечения заданных требований к точности и свойствам поверхности в результате обработки.

Различают операционный и общий припуски. Операционный припуск определяется разностью технологических размеров, полученных на смежных операциях. Общий припуск является суммой операционных припусков на данной поверхности.

Значение толщины $z$ наносимого покрытия с учетом припуска на обработку рассчитывают по формуле:

$$z = \left[\frac{d_н - d_{из}}{2}\,(\text{вал}) \text{ или } \frac{D_{из} - D_н}{2}\,(\text{отв})\right] + \\ + \sum_1^n \left(R_{zi} + T_i + \sqrt{\varepsilon_{oi}^2 + \varepsilon_{бi}^2 + \varepsilon_{зi}^2 + \varepsilon_{фi}^2 + \varepsilon_{прi}^2}\right), \qquad (3.10)$$

где $d_н$, $D_н$ — номинальные размеры элементов; $d_{из}$, $D_{из}$ — размеры изношенных элементов; $i = 1, \ldots, n$ — операции механической обработки; $R_{zi}$ — высота неровностей слоя перед механической обработкой на $i$-й операции; $T_i$ — глубина поврежденного слоя; $\varepsilon_{oi}$ — пространственные отклонения поверхности; $\varepsilon_{бi}$, $\varepsilon_{зi}$ и $\varepsilon_{фi}$ — соответственно погрешности базирования, закрепления и формы детали; $\varepsilon_{прi}$ — погрешность приспособления.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Сущность разработки техпроцесса состоит в выборе и описании технологических операций, составляющих процесс восстановления детали, который обеспечивает установленные производительность и качество восстановления с наименьшими затратами труда, энергии и материалов, причем ограничения по качеству восстановления детали конкретизированы значениями технических требований к детали.

Составляют несколько вариантов технологического процесса, исходя из производственного опыта, научных рекомендаций и из современных представлений о способах преобразования энергии, материала и информации, используемых в процессе. Затем определяют затраты $Q$ на выполнение каждого варианта технологического процесса:

$$Q = f(\text{М, О, Э, Р, А, З, Н}), \qquad (3.11)$$

где М, О, Э, Р, А, З, Н — соответственно затраты на материалы, утилизацию отходов, энергию, поддержание и восстановление ресурса средств ремонта, амортизацию, заработную плату (основную и дополнительную) и накладные расходы.

Тот вариант технологического процесса, который обеспечивает меньшее значение $Q$, признают наилучшим.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Описание технологического процесса по степени детализации бывает операционным, маршрутным или маршрутно-операционным. Документация операционного процесса содержит указания о переходах и режимах обработки, в то время как описание маршрутного процесса их не содержит. В маршрутно-операционном процессе содержание отдельных операций излагается с указанием переходов и режимов обработки. Вид описания процесса выбирают в зависимости от сложности детали и объемов восстановления.

В зависимости от числа рассматриваемых деталей и общности их признаков технологические процессы бывают единичные, типовые, групповые и модульные.

Единичный процесс относится к изделию одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства. Типовой процесс характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций и

переходов для группы изделий с общими конструктивными, а групповой — с общими конструктивно-технологическими признаками. Подлежит внедрению в ремонтное производство предложенная профессором Б.М.Базровым модульная технология, которая основана на представлении детали, процесса и средства ремонта совокупностями модулей соответственно поверхностей детали, операций процесса, блоков оборудования или оснастки. Типовая, групповая и модульная технологии и их производственное использование позволяют уменьшить разнообразие процессов и средств, исключить дублирование работ в технологической подготовке производства и уменьшить ее трудоемкость и длительность.

Комплект технологической документации содержит титульный лист, ведомость технологических документов, карты эскизов, технологические карты и ведомости оснастки, оборудования, материалов и др.

## 3.10. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Этот показатель в значительной мере зависит от их организации. Организация производства может изменяться в широких пределах от низкой формы единичного производства на универсальных постах до наиболее высокой поточной формы централизованного восстановления деталей.

Низкая цена ремонта с высокой производительностью работ и достаточным качеством восстановления деталей обеспечивается применением специального современного оборудования. При этом достигается заданная точность восстановления и необходимый ресурс деталей. Специальное оборудование создают с применением последних достижений науки и практики ремонта. Однако для эффективного использования дорогостоящего специального оборудования необходима его полная загрузка, которая достигается путем концентрации и специализации производства.

Концентрация производства по восстановлению деталей выражается в том, что в пределах экономического региона (района, области или республики) создают специализированное производство (цех, участок или завод), собирают и доставляют изношенные изделия на это производство и организуют их восстановление. Увеличение объемов восстановления на одном предприятии достигается за счет увеличения площади обслуживаемого регио-

на, что связано с увеличением затрат на перевозку ремонтного фонда и товарной продукции. Полная загрузка крупносерийного или массового производства, оснащенного специальным оборудованием, с поточной формой его организации позволяет получить экономический эффект даже при увеличении транспортных расходов.

## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Степень централизации зависит от уровня концентрации производства, номенклатуры деталей и определяется на основании анализа следующих данных:

соотношения между дополнительными затратами на создание специализированного производства, оборотного ремонтного фонда и его перевозку, с одной стороны, и снижением себестоимости восстановления от увеличения его объема, с другой стороны;

соотношения между затратами на организацию централизованного восстановления деталей заданной номенклатуры и на их производство на заводе-изготовителе;

удельного объема ручных работ при восстановлении деталей и возможности его замены машинным трудом;

влияния срока службы восстановленной детали на послеремонтную наработку агрегата, составной частью которого она является.

Допустимое расстояние перевозки деталей на специализированное производство централизованного их восстановления зависит от производственной мощности созданного производства, массы изделий, соотношения цен новой и восстановленной деталей, послеремонтной наработки восстановленных изделий.

Увеличение объемов восстановления расширяет область охвата потребителей. Возможные объемы восстановления тем выше, чем больше автомобилей в регионе и их годовой пробег. Значительные объемы восстановления легче обеспечить для массовых недолговечных деталей. Увеличение массы восстанавливаемых деталей снижает величину целесообразного расстояния их перевозки. Особенно резкое снижение этого расстояния наблюдается для деталей большой массы, себестоимость восстановления которых небольшая.

Организация централизованного восстановления деталей оправдана, если затраты на восстановление и использование дета-

ли не будут превышать затрат, связанных с изготовлением и эксплуатацией новой детали. Большие эксплуатационные затраты, вызванные малой долговечностью деталей, восстановленных на авторемонтном предприятии, обусловливают увеличение допустимого расстояния перевозки деталей на их централизованное восстановление.

Влияние межремонтных пробегов агрегатов, в которых находятся восстановленные детали, ощутимо сказывается на объемах восстановления этих деталей только при больших значениях коэффициентов их восстановления.

Объемы централизованного восстановления нетрудоемких деталей должны быть достаточными для создания массового производства.

Данные анализа показывают, что централизованному восстановлению в условиях высокой концентрации производства подлежат наиболее изношенные и поврежденные дефицитные детали распространенных моделей автомобилей с высокой плотностью распределения в рассматриваемом регионе. Потребность этих деталей в эксплуатации и при ремонте автомобилей особенно велика. Наибольшая эффективность централизованного восстановления деталей достигается при создании специализированного производства по определенной номенклатуре этих деталей. Для этих деталей характерными являются значительные затраты на замену их в эксплуатации и малые себестоимость восстановления и стоимость перевозки. Особенно важно организовать качественное восстановление на специализированном производстве базовых и основных деталей, срок службы которых до предельного состояния или отказа определяет послеремонтные ресурсы агрегатов автомобилей.

Такие массовые детали, как поршневые пальцы, толкатели, крестовины кардана и дифференциала, муфты и фланцы валов, шатуны, гильзы цилиндров, шкворни, колесные тормозные цилиндры и ряд других, допускают экономически обоснованную перевозку на расстояние 300...500 км. Для таких деталей может быть организовано одно централизованное производство по их восстановлению в республике.

Централизованному восстановлению подлежат и более металлоемкие детали. Допустимое расстояние перевозки карданных, коленчатых и распределительных валов, вилок и фланцев карданов, валов коробок передач и других деталей меньше примерно в два раза, чем в первом случае. Централизованное восстановление их целесообразно организовать в областных регионах. При опре-

деленном сочетании повреждений целесообразно организовать восстановление ряда деталей, имеющих значительную массу. К таким деталям относятся головки и блоки цилиндров, картеры коробок передач и редукторов.

Централизованное восстановление деталей организуют, как правило, по типовой технологии.

Наконец, некоторые детали нерационально восстанавливать централизованно, потому что даже в условиях значительной концентрации производства на специализированных предприятиях невозможно обеспечить себестоимость восстановления, которая не меньше затрат на изготовление детали. На заводе по капитальному ремонту автомобилей следует сохранить восстановление простых деталей, имеющих низкую стоимость изготовления, но в результате изнашивания которых приходится восстанавливать значительную (более 1 $дм^2$) рабочую поверхность. Это — валы и оси шестерен масляных насосов, валики и оси педалей, оси блоков шестерен, штоки коробки передач, крышки подшипников и др. Ряд деталей целесообразно восстанавливать на специализированном производстве только при определенном сочетании повреждений.