

Министерство образования и науки Ульяновской области  
областное государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение  
«Димитровградский технический колледж»

## **ЛЕКЦИЙ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ**

### **МДК 01.02.01. РЕМОНТ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **ПМ.01. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖА И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*специальность*

*15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного  
оборудования (по отраслям)»  
(базовый образовательный уровень)*

г. Димитровград  
2016 г.

Лекции составлены на основе рабочей программы профессионального модуля **ПМ.01.**  
**Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования**

**Организация-разработчик:** областное государственное бюджетное образовательное учреждение среднего профессионального образования «Димитровградский технический колледж»

**Разработчик:**

Багаутдинов Р.Р. - преподаватель ОГБПОУ ДТК

Ф.И.О., ученая степень, звание, должность

---

## СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ПОНЯТИЕ О РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ....	5
ЛЕКЦИЯ 2. Виды ремонта. Составление графика ППР.....	9
ЛЕКЦИЯ 3. Структура и периодичность работ по плановому ТО и Р.....	15
ЛЕКЦИЯ 4. Планирование простоев при ремонте оборудования. Узловой метод ремонта .....	21
ЛЕКЦИЯ 6. Комплекс основных работ, проводимых при техническом обслуживании оборудования с ЧПУ. ....	24
ЛЕКЦИЯ 6. Сущность явления износа. Виды и характер износа деталей. Признаки износа .....	27
ЛЕКЦИЯ 7. Основные понятия о надежности машин .....	36
ЛЕКЦИЯ 7. Основные правила эксплуатации технологического оборудования .....	38
ЛЕКЦИЯ 8. Особенности выбора материалов при ремонте. Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования ....	40
ЛЕКЦИЯ 9. Особенности выбора материалов при ремонте. Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования ....	42
ЛЕКЦИЯ 10. Смазочные материалы и их применение. Способы и средства смазывания станков и механизмов .....	44
ЛЕКЦИЯ 11. Диагностирование оборудования. Техническая документация ремонтных работ .....	54
ЛЕКЦИЯ 12. Подготовка оборудования к ремонту. Разборка станка .....	60
ЛЕКЦИЯ 13. Очистка, промывка деталей. Дефектация деталей .....	69
ЛЕКЦИЯ 14. Сборка станков после ремонта. Обкатка и испытание машин после ремонта .....	75
ЛЕКЦИЯ 15. Экономическая целесообразность восстановления деталей. Восстановление деталей механической обработкой .....	82

ЛЕКЦИЯ 16. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ .....	87
ЛЕКЦИЯ 17. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.....	94
ЛЕКЦИЯ 18. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ. РЕМОНТ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ.....	98
ЛЕКЦИЯ 19. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТМАССОВЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ КЛЕЕВЫМ МЕТОДОМ ...	101
ЛЕКЦИЯ 20. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ .....	110
ЛЕКЦИЯ 21. РЕМОНТ ШКИВОВ, РЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ.....	117
ЛЕКЦИЯ 22. РЕМОНТ СОЕДИНİТЕЛЬНЫХ МУФТ .....	124
ЛЕКЦИЯ 23. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ, ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕДАЧ «ВИНТ-ГАЙКА» .....	129
ЛЕКЦИЯ 24. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ, КРИВОШИПНО-ШАТУННЫХ МЕХАНИЗМОВ. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА .....	143
ЛЕКЦИЯ 25. СТАЦИОНАРНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ.....	154
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	159

# **Лекция 1. Цели и задачи ремонта промышленного оборудования. Понятие о рациональной системе технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования.**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о целях и задачах ремонта промышленного оборудования;  
**знать:** виды организации выполнения ремонтных работ; понятие: система ППР, система ТОРО.

## *Цели и задачи ремонта промышленного оборудования*

Уровень производительности труда и точности выпускаемой продукции в значительной степени зависит от состояния машин и механизмов, эксплуатируемых на предприятии. Постоянное работоспособное состояние оборудования можно обеспечить, если вести систематическое наблюдение за ним и своевременно его ремонтировать. Ремонт машин должен не только восстанавливать их производительность и первоначальную точность, но и обеспечивать длительную бесперебойную работу.

Служба ремонта технологического оборудования машиностроительного предприятия — это комплекс подразделений, занимающихся надзором за эксплуатацией и ремонтом технологического оборудования. Она включает в себя отдел главного механика завода с входящими в его состав цехами: ремонтно-механическим (РМЦ), ремонтно-литейным и котельно-сварочным (главным образом на крупных заводах), а также цеховыми ремонтными базами (ЦРБ). Основными задачами этой службы являются:

- обеспечение нормального технического состояния технологического оборудования и его бесперебойной работы;
- сокращение простоев оборудования в ремонте и потерь в производстве, связанных с выполнением ремонтных работ; снижение расходов на ремонт.

Решение этих задач в большой степени зависит от организации службы ремонта технологического оборудования или соответствующих подразделений объединенной службы ремонта.

Существует три основных вида организации выполнения ремонтных работ на промышленных предприятиях: централизованная, децентрализованная и смешанная.

Централизованная организация выполнения ремонтных работ, предусматривающая выполнение всех ремонтных работ на заводе силами и средствами отдела главного механика и его ремонтно-механического цеха, типична для предприятий с небольшим количеством оборудования. Ее недостатком является полное освобождение цехов от выполнения ремонта эксплуатируемого оборудования, что снижает ответственность производственного персонала за его техническое состояние.

Децентрализованная организация выполнения ремонтных работ состоит в том, что все виды ремонтных работ (межремонтное обслуживание, периодический ремонт, в том числе и капитальный) производятся под руководством механиков цехов так называемыми цеховыми ремонтными базами, в состав которых входят ремонтные бригады. В ремонтно-механическом цехе, подчиняющемся главному механику, осуществляется только капитальный ремонт сложных агрегатов. Кроме того, в нем изготавливают и восстанавливают для цеховых ремонтных баз те детали и сборочные единицы, изготовление и восстановление которых требует применения оборудования, отсутствующего на ремонтной базе.

Для смешанной организации выполнения ремонтных работ характерно то, что все виды ремонта, кроме капитального, выполняют цеховые ремонтные базы, а капитальный ремонт — ремонтно-механический цех, имеющий соответствующие отделения (слесарное, станочное, сварочное).

Кроме перечисленных методов технического обслуживания ГОСТ 18322 - 78 предусматривает:

- поточное техническое обслуживание, выполняемое на специализированных рабочих местах в определенной технологической последовательности (применяется в массовом или крупносерийном производстве);
- техническое обслуживание эксплуатационным персоналом, т.е. персоналом, работающим на данном оборудовании в период его эксплуатации;
- техническое обслуживание специализированным персоналом — рабочими, подготовленными специально по объектам, маркам объектов, видам операций и видам технического обслуживания;
- техническое обслуживание специализированной организацией, с которой заключается соответствующий договор;
- техническое обслуживание предприятием-изготовителем (в гарантийный период или по договору оно производит замену деталей и агрегатов, отказавших во время работы или настройки оборудования).

### *Понятие о рациональной системе технического обслуживания и ремонта оборудования*

Система планово-предупредительного ремонта (ГТГТР) представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий предупредительного характера по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту (Р) изношенных деталей и узлов, проводимых по составленному плану для обеспечения работоспособности станков в течение всего срока службы.

Планово-предупредительный ремонт оборудования производится, когда его износ не перешел в прогрессирующее состояние, а не тогда, когда оборудование износилось настолько, что уже вышло из строя (ремонт по

потребности). Такой ремонт в отличие от ремонта по потребности планируется заранее (отсюда и его название — планово-предупредительный).

Система ППР предусматривает проведение профилактических осмотров и видов планового ремонта (текущего, среднего и капитального) каждого агрегата после того, как он отработал определенное количество часов.

Чередование и периодичность осмотров и видов планового ремонта оборудования определяются его назначением и условиями эксплуатации.

В систему ППР входит периодический, послеосмотровой и стандартный ремонт. Наибольшее распространение в машиностроительной промышленности получила система периодического ремонта; она положена в основу типового положения «Единая система ППР» (ГОСТ 18322—78) [3]. Наибольший экономический эффект ее применение дает при ремонте оборудования, работающего в условиях массового и крупносерийного производства при достаточно высокой загрузке и учете отработанного им времени (наработка). Но поскольку даже на предприятиях крупносерийного и массового производства наряду с таким оборудованием имеется значительное количество станков и машин, загруженных не полностью и используемых лишь эпизодически, в настоящее время признано экономически целесообразным применять на большинстве заводов все три системы ППР:

- для оборудования, работающего в условиях массового и важного для предприятия крупносерийного производства, — систему периодического ремонта;
- оборудования, применяющегося в менее ответственном производстве, а также для прецизионных станков — систему послеосмотрового ремонта;
- специального оборудования, работающего на постоянном режиме, — систему стандартного ремонта.

Системой технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), в соответствии с ГОСТ 18322 — 85, называется комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования в целях сохранения — в течение обусловленного времени при заданных условиях эксплуатации — производительности, точности и чистоты обработки, гарантированных в сопроводительной технической документации завода-изготовителя.

Комплекс работ, регламентируемых rationalьной системой технического обслуживания и ремонта, предусматривает:

- техническое обслуживание, включающее в себя работы по поддержанию работоспособности оборудования;
- ремонт, к которому относят работы по поддержанию (планово-предупредительный ремонт) и восстановлению (устранение отказов) работоспособности и исправности оборудования.

Техническое обслуживание оборудования начинается задолго до сдачи его после монтажа и даже до поступления на завод и продолжается вплоть до списания и сдачи его в лом.

Для получения на вновь смонтированном оборудовании паспортной производительности, а также заданной точности и шероховатости обработанной поверхности необходимы следующие условия:

- отсутствие возможности повреждений при хранении оборудования после поступления на завод, распаковке и транспортировании к месту монтажа;
- выполнение монтажа в строгом соответствии с требованиями заводов-изготовителей;
- соответствие помещений, в которых эксплуатируется оборудование, требованиям защиты от атмосферных осадков и внешних источников запыления; поддержание температуры и влажности воздуха в пределах установленного интервала, а освещенности — не ниже установленных норм;
- использование оборудования в соответствии с его прямым технологическим назначением и с нагрузками, не превышающими допускаемых технической характеристикой;
- применение в работе исправного инструмента; допуск к работе на оборудовании только обученных и аттестованных рабочих.

Длительное сохранение работоспособности оборудования и сведение к минимуму затрат на ее поддержание (восстановление) и потерю основного производства, связанных с простоями оборудования из-за неисправности, требуют рациональной организации его эксплуатации и обязательного выполнения комплекса работ по его техническому обслуживанию. В деятельности служб главных механиков предприятий основное внимание должно быть уделено рациональному техническому обслуживанию оборудования.

## **Лекция 2. Виды ремонта. Составление графика ППР.**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о видах ремонта;  
**знать:** понятия и содержания: планового, внепланового, текущего и капитального ремонта;  
**уметь:** составлять план-график ППР.

Современное оборудование, как правило, состоит из трех основных частей — механической (включающей в себя и гидравлические устройства), электрической и электронной. Рациональное техническое обслуживание оборудования замедляет процесс его износа и сокращает количество отказов и связанные с ними потери основного производства. Однако периодически возникает необходимость в ремонте оборудования для поддержания или восстановления его работоспособности и исправности.

По способу организации различают два вида ремонта: плановый и внеплановый (ГОСТ 18322—78). Плановый ремонт предусматривается рациональной системой технического обслуживания и ремонта оборудования и выполняется или через установленное нормами количество часов, отработанных оборудованием, или по достижении им установленного нормами технического состояния.

*Внеплановый ремонт* также предусматривается рациональной системой технического обслуживания и ремонта оборудования, но осуществляется в неплановом порядке, по потребности. К этому виду относится аварийный ремонт, обусловленный недостатками конструкции или изготовления оборудования, а также проведенного ремонта и нарушениями правил технической эксплуатации.

Повреждения и износы деталей механической части оборудования, обуславливающие необходимость ремонта, могут быть разделены на две основные группы:

- износ и повреждение деталей внутри сборочных единиц, не вызывающие нарушения правильности взаимодействия последних, но в ряде случаев приводящие к потере точности оборудования из-за возникновения вибраций при взаимодействии износившихся деталей;

- износ рабочих поверхностей базовых деталей сборочных единиц, приводящий к нарушениям первоначальных траекторий их взаимного перемещения и непосредственно вызывающий потерю точности или снижение производительности оборудования.

Для устранения повреждений и износов, относящихся к разным группам, требуются принципиально отличающиеся по характеру ремонтные работы. Поэтому по составу и объему работ рациональная система технического обслуживания и ремонта оборудования предусматривает два вида ремонта: текущий и капитальный.

*Текущий ремонт* — это плановый ремонт, выполняемый с целью гарантированного обеспечения работоспособности оборудования в течение установленного нормативами количества часов работы до следующего ремонта. Он состоит в замене или восстановлении отдельных деталей или сборочных единиц и выполнении связанных с этим разборочных, сборочных и регулировочных работ.

*Капитальный ремонт* — это плановый ремонт, выполняемый с целью восстановления исправности и гарантированного обеспечения работоспособности оборудования в течение установленного нормативами количества часов работы до следующего капитального ремонта. Он заключается в восстановлении координации сборочных единиц и первоначальных траекторий их взаимного перемещения, сопровождается заменой или восстановлением деталей всех сборочных единиц с необходимой для этого полной разборкой машины, сборкой и регулированием. При капитальном ремонте во время разборки машины обязательно составляется ведомость дефектов ремонтируемого агрегата. Каждую деталь рекомендуется маркировать дробью, обозначая номер станка в числителе, а порядковый номер детали по ведомости дефектов — в знаменателе. Номера можно наносить клеймением на нерабочих поверхностях деталей или указывать на бирках, привязывая их к деталям. Маркирование облегчает подбор деталей при сборке и контроль за прохождением ремонта.

В целях обеспечения надежной работы оборудования и предупреждения неисправностей и износа на предприятиях периодически проводят планово-предупредительный ремонт оборудования (ППР). Он позволяет провести ряд работ, направленных на восстановление оборудования, замену деталей, что обеспечивает экономичную и непрерывную работу оборудования.

Чередование и периодичность планово-предупредительного ремонта (ППР) оборудования определяется назначением оборудования, его конструктивными и ремонтными особенностями, габаритами и условиями эксплуатации.

Оборудование останавливают для планово-предупредительного ремонта, когда оно еще находится в рабочем состоянии. Этот (плановый) принцип вывода оборудования в ремонт позволяет произвести необходимую подготовку к остановке оборудования -- как со стороны специалистов сервисного центра, так и со стороны производственного персонала заказчика. Подготовка к планово-предупредительному ремонту оборудования заключается в уточнении дефектов оборудования, подборе и заказе запасных частей и деталей, которые следует сменить при ремонте.

Такая подготовка позволяет осуществлять полный объем ремонтных работ без нарушения нормальной работы предприятия.

Грамотное проведение ППР предполагает:

- планирование планово-предупредительного ремонта оборудования;
- подготовка оборудования для планово-предупредительного ремонта;
- проведение планово-предупредительного ремонта оборудования;
- проведение мероприятий, связанных с планово-предупредительным ремонтом и техническим обслуживанием оборудования.

Плановый ремонт оборудования включает в себя следующие этапы:

### 1. Межремонтный этап обслуживания.

Межремонтный этап обслуживания оборудования осуществляется в основном без прекращения работы самого оборудования.

Межремонтный этап обслуживания оборудования состоит из:

- систематической очистки оборудования;
- систематической смазки оборудования;
- систематического осмотра оборудования;
- систематической регулировки работы оборудования;
- смены деталей с малым сроком эксплуатации;
- ликвидации малых неисправностей и дефектов.

Межремонтный этап обслуживания -- это профилактика другими словами. Межремонтный этап обслуживания заключает в себя каждыйдневный осмотр и уход за оборудованием и должен быть подобающе организован для того, чтобы:

- кардинально продлить период работы оборудования;
- сохранить отличное качество работы;
- сократить и ускорить затраты, связанные с плановым ремонтом.

Межремонтный этап обслуживания заключается в:

- отслеживании, в каком состоянии находится оборудование;
- проведении рабочими правил подобающей эксплуатации;
- каждыйдневной чистке и смазке;
- своевременной ликвидации мелких поломок и регулировании механизмов.

Межремонтный этап обслуживания осуществляется без остановки процесса производства. Данный этап обслуживания проводят в период перерывов в работе оборудования.

### 2. Текущий этап планово-предупредительных ремонтов.

Текущий этап планово-предупредительного ремонта зачастую осуществляют, не вскрывая оборудование, на время останавливая работу оборудования. Текущий этап планово-предупредительного ремонта заключается в ликвидации поломок, появляющихся во время работы и состоит из осмотра, смазки деталей, чистки оборудования.

Текущий этап планово-предупредительного ремонта предшествует капитальному. На текущем этапе планово-предупредительного ремонта проводят важные испытания и измерения, ведущие к выявлению изъянов оборудования на раннем этапе их появления. Собрав оборудование на текущем этапе планово-предупредительного ремонта, его налаживают и испытывают.

Постановление о годности оборудования к дальнейшей работе выносится ремонтниками, основывающихся на сравнении итогов испытаний при текущем этапе планово-предупредительного ремонта с существующими нормами, итогами прошлых испытаний. Испытания оборудования, которое нет возможности транспортировать, проводят при помощи электротехнических мобильных лабораторий.

Помимо планово-предупредительного ремонта для ликвидации любых изъянов в работе оборудования осуществляют работы вне плана. Эти работы проводят после исчерпывания всего рабочего ресурса оборудования. Также для устранения последствий аварий проводится аварийно-восстановительный ремонт, который требует незамедлительного прекращения работы оборудования.

### 3. Средний этап планово-предупредительных ремонтов

Средний этап планово-предупредительного ремонта предназначен для частичного или полного восстановления отработавшего оборудования.

Средний этап планово-предупредительного ремонта заключается в том, чтобы разобрать узлы оборудования для просмотра, очистки деталей и ликвидации выявленных изъянов, смены деталей и узлов, которые быстро изнашиваются, и которые не обеспечивают подобающего использования оборудования до следующего капитального ремонта. Средний этап планово-предупредительного ремонта осуществляют не более одного раза в год.

Средний этап планово-предупредительного ремонта включает в себя ремонт, в котором нормативно-технической документацией устанавливает цикличность, объем и последовательность работ по ремонту, даже не взирая на техническое состояние, в котором находится оборудование.

Средний этап планово-предупредительного ремонта влияет на то, что работа оборудования поддерживается в норме, остается мало шансов на то, что оборудование выйдет из строя.

### 4. Капитальный ремонт

Капитальный ремонт оборудования осуществляется путем вскрытия оборудования, проверки оборудования с дотошным осмотром «внутренностей», испытаниями, измерениями, ликвидацией выявленных поломок, в результате чего проводится модернизация оборудования.

Капитальный ремонт обеспечивает восстановление первоначальных технических характеристик оборудования.

Капитальный ремонт оборудования проводится только после межремонтного периода. Для его осуществления необходимо проведение следующих этапов:

- составление графиков выполнения работ;
- проведение предварительного осмотра и проверки;
- подготовление документации;
- подготовление инструментов, запчастей;
- выполнение противопожарных мероприятий и по технике безопасности.

Капитальный ремонт оборудования заключается:

- в замене или восстановлении изношенных деталей;
- модернизации каких-либо деталей;
- выполнении профилактических измерений и проверок;
- осуществлении работ по ликвидации малых повреждений.

Изъяны, которые обнаруживаются при осуществлении проверки оборудования, ликвидируются при последующем капитальном ремонте оборудования. Поломки, которые носят аварийный характер, ликвидируют незамедлительно.

Конкретный вид оборудования имеет свою периодичность проведения планово-предупредительного ремонта, которая регламентируется правилами технической эксплуатации.

Мероприятия по системе ППР отражаются в соответствующей документации, при строгом учете наличия оборудования, его состояния и движения. В перечень документов входят:

- Технический паспорт на каждый механизм или его дубликат.
- Карточка учета оборудования (приложение к техническому паспорту).
- Годовой циклический план-график ремонта оборудования.
- Годовая план-смета капитального ремонта оборудования.
- Месячный план-отчет ремонта оборудования.
- Приемо-сдаточный акт на проведение капитального ремонта.
- Сменный журнал нарушений работы технологического оборудования.
- Выписка из годового графика ППР.

На основании утвержденного годового плана-графика ППР составляется номенклатурный план на производство капитальных и текущих ремонтов с разбивкой по месяцам и кварталам. Перед началом капитального или

текущего ремонта необходимо уточнить дату постановки оборудования на ремонт.

Годовой график ППР и таблицы исходных данных являются основанием для составления годового плана-сметы, которая разрабатывается дважды в год. Годовая сумма плана-сметы разбивается по кварталам и месяцам в зависимости от срока проведения капитального ремонта согласно графику ППР данного года.

На основании плана-отчета в бухгалтерию предоставляется отчет о произведенных затратах по капитальному ремонту, а руководителю - отчет о выполнении номенклатурного плана ремонтов по годовому план-графику ППР.

В настоящее время для планово-предупредительного ремонта (ППР) все более широко используются средства вычислительной и микропроцессорной техники (установки, стенды, устройства для диагностики и испытания электрооборудования), влияющие на предупреждение износа оборудования и сокращение сроков ремонта оборудования, уменьшение затрат на ремонт, также способствует повышению эффективности эксплуатации электрооборудования.

### **Лекция 3. Структура и периодичность работ по плановому ТО и Р.**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о структуре и периодичности работ по плановому ТО и Р;  
**знать:** понятия: ремонтный цикл, структура ремонтного цикла, продолжительность ремонтного цикла, цикл ТО, продолжительность цикла ТО, единица ремонтосложности.

Все виды работ по плановому техническому обслуживанию и ремонту выполняются в определенной последовательности, образуя повторяющиеся циклы.

Ремонтный цикл — это повторяющаяся совокупность различных видов планового ремонта, выполняемых в предусмотренной последовательности через установленные, равные между собой количества часов работы оборудования, называемые межремонтными периодами (между двумя последовательно выполняемыми видами планового ремонта). Ремонтный цикл завершается капитальным ремонтом и определяется структурой и продолжительностью.

Структура ремонтного цикла — это перечень видов ремонта, расположенных в последовательности их выполнения. Например, структуру ремонтного цикла, состоящего из четырех текущих и одного капитального ремонта, изображают так:

КР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР.

Продолжительность ремонтного цикла — это число часов работы оборудования, на протяжении которого выполняются все виды ремонта, входящие в состав цикла. (Простои оборудования, связанные с выполнением планового и непланового ремонтов и технического обслуживания, в продолжительность ремонтного цикла не входят.) Графически продолжительность ремонтного цикла изображают размерной линией под обозначениями капитальных ремонтов, которыми начинается и завершается цикл; под размерной линией указывают продолжительность цикла (в часах):

(КР - ТР - ТР - ТР - ТР - КР) / 20000

Цикл технического обслуживания — это повторяющаяся совокупность операций различных видов планового технического обслуживания, выполняемых через установленные для каждого из видов количества часов работы оборудования, называемые межоперационными периодами. Цикл технического обслуживания определяется структурой и продолжительностью.

Структура цикла технического обслуживания — это перечень видов планового технического обслуживания с соответствующими коэффициентами, показывающими количество операций каждого вида в цикле. Она обозначается суммой входящих в него видов. Например, структуру цикла технического обслуживания, включающего ежесменный осмотр (Ое), четырехразовое пополнение смазки (4Си), одну замену смазки (Сз), один частичный осмотр (Оч), две профилактические регулировки (2Рм) и ежесменную смазку, изображают так:

$$EOe + 4C_{sp} + C_3 + Oc + 2P_m,$$

где Е — число операций тех видов технического обслуживания, которые выполняются ежесменно (ежесменную смазку, выполняемую станочником, в структуру не включают).

Рекомендуемые структуры ремонтных циклов для металлорежущего и некоторых видов кузнечно-прессового оборудования приведены в табл. 3.1.

Продолжительность цикла технического обслуживания парка оборудования предприятия — для расчета необходимой численности ремонтников, составления заявок на материалы и определения суммы затрат на поддержание и восстановление работоспособности оборудования — планируют по данным о фактически отработанном времени. Вывод же отдельных станков в капитальный ремонт, независимо от запланированной (средней для данной группы оборудования) продолжительности ремонтного цикла, следует производить только по их действительному техническому состоянию.

Для сравнения объемов ремонтных работ, выполняемых при ремонте станков и машин, проведенных отдельными цехами или предприятиями, а также объемов ремонтных работ цеха или предприятия в течение ряда лет необходима физическая единица, с помощью которой можно было бы измерить физический объем работ, выполняемых при ремонте. Она должна быть стабильной, не меняющейся при изменении организационно-технических условий выполнения ремонта. Именно таким качеством обладает единица ремонтосложности.

Единица ремонтосложности механической части оборудования R4 — это физический объем работ, необходимый для капитального ремонта механической части некоторой условной машины, качество которого отвечает требованиям технических условий на ремонт, а трудоемкость эквивалентна 50 ч работы в организационно-технических условиях среднего ремонтно-механического цеха машиностроительного предприятия. В годовой план-график вносят не достигнутые трудоемкости ремонта, а достигнутые ремонтосложности соответствующих моделей оборудования, что значительно упрощает все плановые расчеты.

Таблица 4.1 – Структуры ремонтных циклов

Вид	Класс	Группа	Оборудование	Категория оборудования	Структура ремонтного цикла	Вид технического обслуживания	Число операций технического обслуживания в межремонтном периоде	
							Всего	В том числе плановых осмотров
Металлорежущее	Н	Все группы	Свыше 100 т	До 10 т	KP – TP – – TP – TP – – TP – KP	См. табл. 3	4	5
				10...100 т	KP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – KP			
				Свыше 100 т	KP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – KP			
			Свыше 100 т	До 10 т	KP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – KP	В соответствии с картой технического обслуживания	8	9
				10...100 т	KP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – KP			
				Свыше 100 т	KP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – TP – TP – – KP			

Оборудование			Категория оборудования	Структура ремонтного цикла	Число операций технического обслуживания в межремонтном периоде	
Вид	Класс	Группа			Всего	В том числе плановых осмотров
Кузнечно-прессовое	I	Молоты: штамповочные и ковочные простого и двойного действия высокоскоростные	До 50 кН · м	KP — TP — — TP — TP — — TP — TP — — KP	5	12
		Термопласт-автоматы; машины литьевые; машины правильные и гибочные; прессы гидравлические ковочные; горизонтальные ковочные машины	До 5 МН	KP — TP — — TP — TP — — TP — TP — — TP — TP — — KP		

См. табл. 3

Единица ремонтосложности электрической части оборудования R3 — это физический объем работ, необходимый для капитального ремонта электрической части некоторой условной машины, качество которого отвечает требованиям технических условий на ремонт, а трудоемкость эквивалентна 12,5 ч работы при тех же условиях, при которых определяется RM.

Трудоемкости ремонта и полного планового осмотра приведены в табл. 3.2. Эти нормы предусматривают:

- изготовление всех заменяемых деталей заводом, эксплуатирующим оборудование (при получении части деталей со специализированных заводов;

нормы станочных и слесарных работ на изготовление деталей должны быть уменьшены пропорционально проценту по массе запасных частей, поступающих со стороны);

- упрочнение направляющих поверхностей базовых деталей газопламенной закалкой или наклеиванием стальных закаченных накладок (при невыполнении упрочнения норма слесарных работ должна быть уменьшена на 2 ч);

- восстановление рабочих поверхностей базовых деталей шлифованием (при вынужденной замене шлифования шабрением норма станочных работ должна быть уменьшена на 1 ч, а слесарных — увеличена на 4 ч).

Таблица 2 – Трудоемкости ремонта и полного планового осмотра

Виды работ'		Наименование работ	Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Осмотр	Осмотр перед капитальным ремонтом
Норма времени на единицу ремонтосложности, ч						
При ремонте механической части	Станочные	Изготовление заменяемых деталей	10,7	2,0	0,1	0,1
		Восстановление деталей	3,0	—	—	—
		Пригонка при сборке	0,3	—	—	—
		И т о г о	14,0	2,0	0,1	0,1
	Слесарные и др.	На изготовление заменяемых деталей	1Д	0,2	—	—
		На восстановление деталей	0,8	—	—	—

Виды работ	Наименование работ	Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Осмотр	Осмотр перед капитальным ремонтом
При ремонте механической части	Слесарные и др.	На разборку, сборку, пригонку и др.	34,1	3,8	0,75
		Итого	36,0	4,0	0,75
	Итого	На изготовление заменяемых деталей	11,8	2,2	0,1
		На восстановление деталей	3,8	—	—
		На разборку, сборку, пригонку и др.	34,4	3,8	0,75
		Всего	50,0	6,0	0,85
	Станочные	На изготовление заменяемых деталей	2,5	0,3	—
		На восстановление деталей	—	—	—
		На пригонку при сборе	—	—	—
		Итого	2,5	0,3	—
При ремонте электрической части	Слесарные и др.	На изготовление заменяемых деталей	0,2	—	—
		На восстановление деталей	—	—	—
		На разборку, сборку, пригонку и др.	—	—	—
		Итого	10,0	1,2	0,2
	Итого	На изготовление заменяемых деталей	2,7	0,3	—
		На восстановление деталей	9,8	1,2	0,2
		На разборку, сборку, пригонку и др.	9,8	1,2	0,2
		Всего	12,5	1,5	0,25

## **Лекция 4. Планирование простоев при ремонте оборудования. Узловой метод ремонта**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** об нормахостояния оборудования в производстве; об особенностях узлового метода ремонта;

**знать:** факторы, влияющие на продолжительность простоев при ремонте оборудования; сущность, преимущества и недостатки узлового метода ремонта.

### *Планирование простоев при ремонте оборудования*

Продолжительностьстояния оборудования в ремонте зависит от вида ремонта, ремонтосложности оборудования, численности ремонтной бригады, технологии ремонта и организационно-технических условий выполнения ремонтных работ. Ремонт промышленного оборудования в неавтоматизированном производстве организуют в одну, две или три смены, в зависимости от того, насколько производство лимитирует простой данной единицы оборудования. Ремонт автоматических линий должен производиться в две или три смены. Простои оборудования учитываются с момента остановки агрегата на ремонт до момента приемки его из ремонта контролером ОТК (Отдел технического контроля) по акту. Эксплуатационные испытания агрегата после ремонта не засчитываются как простои, даже если агрегат в процессе испытания работал нормально.

Простои электротехнической части оборудования при текущем и капитальном ремонте не планируются, так как эти виды ремонта должны проводиться одновременно с ремонтом механической части. Нормы продолжительностистояния из-за ремонта и технического обслуживания в неавтоматизированном и автоматизированном производстве при различной сменности работы бригад РМЦ и ЦРБ приведены в табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Нормы продолжительностистояния оборудования в неавтоматизированном производстве при ремонте и техническом обслуживании

Виды работ	Нормыстояния, ч/R <sub>m</sub> , при работе ремонтной бригады			
	в одну смену	в две смены	в три смены	
Ремонт:				
капитальный	16	18	20	
текущий	12,0	2,2	2,4	
Осмотр:				

перед капитальным ремонтом	0,5	0,5	0,5
плановый (полный)	0,4	0,4	0,4
Проверка точности (самостоятельная операция)	0,2	—	—
Промывка (самостоятельная операция)	0,2	—	—
Испытания электрической части (самостоятельная операция)	0,1	—	—

Таблица 4.2 – Нормы простоя для оборудования в автоматизированном производстве при выводе в ремонт всей линии или отдельных участков

Виды работ	Нормы простоя, ч/ $R_m$ , при работе ремонтной бригады в две смены				
	Ремонтосложность участка $R_M$				
	60... 100	100... 140	140...180	180...220	
Ремонт: капитальный текущий	112.. 32..	.176 .40	176.. 40..	.208 .48	208... 240 48... 56 ...64 56

Примечания: 1. Время простоя агрегата, в сутках, получают, умножив табличные нормы на ремонтосложность механической части, а затем разделив результат на 8 ч при односменной, 16 — при двухсменной и 24 — при трехсменной работе ремонтной бригады.

2. Нормы не предусматривают затраты времени на снятие оборудования с фундамента, транспортирование его в ремонтный цех и установку на фундамент.

3. Для оборудования, проработавшего свыше 20 лет, нормы могут быть увеличены на 10%.

4. Осмотры, проверки точности и испытания электрической части автоматических линий должны производиться в нерабочие смены и по выходным дням (простой на эти операции не планируются).

5. При организации ремонта автоматических линий в три смены нормы простоя могут быть сокращены на 25... 30 %.

6. При модернизации оборудования во время его капитального ремонта нормы простоя могут быть увеличены в зависимости от объема работ по модернизации.

## Узловой метод ремонта промышленного оборудования

На предприятиях с большим количеством одномодельных станков, а также в условиях поточно-массового производства целесообразно применять метод узлового ремонта, сокращающий простой оборудования в ремонте и не нарушающий режим производственного цикла. При этом методе сборочные единицы агрегата, требующие ремонта, снимают и заменяют запасными (новыми или отремонтированными). В металорежущих станках такими взаимозаменяемыми сборочными единицами являются передняя бабка, фартук, суппорт, механизмы привода, шпиндельные, шлифовальные и револьверные головки и т.п. Номенклатуру взаимозаменяемых деталей следует расширять и изготавливать (ремонтировать) их в централизованном порядке. Наиболее целесообразно применять этот метод для ремонта агрегатов: одинаковых распространенных моделей, имеющихся на заводе в большом количестве; лимитирующих производство; кранового оборудования (независимо от количества).

Основным преимуществом узлового метода является сокращение продолжительности ремонта в несколько раз по сравнению с обычной, благодаря тому что собственно ремонтные работы отделены от разборочных и сборочных. Например, смена задней бабки 9 (рис. 1) длится 15...30 мин, а ремонт этой сборочной единицы (в зависимости от ее состояния) может продолжаться несколько дней.

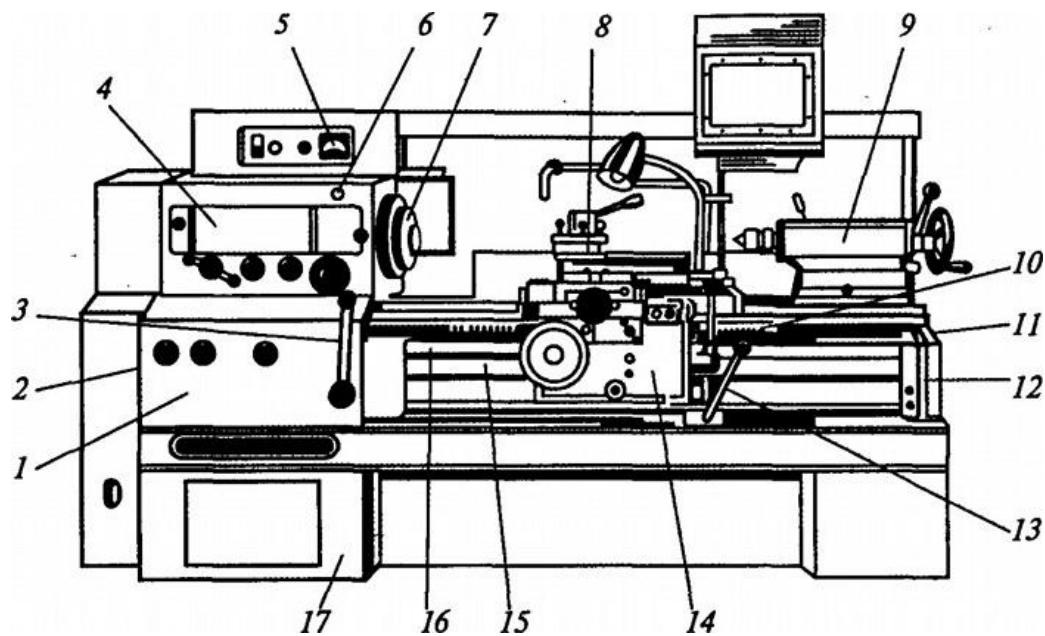


Рисунок 4.1 – Токарно-винторезный станок 16К20:

1 — коробка подач; 2, 11 и 12 — кожухи; 3 и 13 — рукоятки; 4 и 9 — передняя и задняя бабки; 5 — указатель; 6 — диск маслоуказателя; 7 — шпиндель; 8 — суппорт; 10 — рейка; 14 — фартук; 15 и 16 — ходовые валы и винты; 17 — левая тумба

## **Лекция 6. Комплекс основных работ, проводимых при техническом обслуживании оборудования с ЧПУ.**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о техническом обслуживании оборудования с ЧПУ;  
**знать:** виды работ, выполняемых при ТО первого и второго видов; текущий и капитальный ремонт оборудования с ЧПУ.

Техническое обслуживание (ТО) необходимо для поддержания высокой надежности и сохранения точности оборудования» Различают два вида планового технического обслуживания и два вида ремонта — текущий и капитальный. Периодичность технического обслуживания и ремонта определяется по фактическому времени работы станка и его сложности.

Плановое техническое обслуживание первого вида производится без разборки сборочных единиц через 335 ч работы станка и включает следующие работы:

- ежедневное техническое обслуживание: осмотр механизмов, гидро- и пневмосистем станка, устройств ЧПУ (числового программного управления), проверка станка на отсутствие вибраций и шума механизмов, нагрева подшипников, ударов в механизмах и гидросистемах, утечек масла, на равномерность протягивания ленты и т.п.;
- заполнение или замену смазочных материалов по графикам смазки, проверку поступления масла к местам смазки; замену или очистку фильтров; устранение утечек масла; устранение зазоров в передачах;
- проверку плавности хода и при необходимости ее обеспечение; выявление изношенных деталей и их замену; подтяжку крепежных деталей;
- проверку элементов механизма управления и предохранительных устройств;
- проверку натяжения пружин, ременных передач; очистку от пыли, грязи, масла и стружки элементов станка; проверку и очистку элементов электрооборудования; проверку работы, регулировку и смазку лентопротяжных механизмов.

Плановое техническое обслуживание проводится по графику и выполняется комплексными ремонтными бригадами или специализированными подразделениями.

Ежедневное ТО выполняется персоналом, обслуживающим станки с ЧПУ (операторами, наладчиками, электриками, гидравликами, смазчиками) (табл. 5.1).

Плановое техническое обслуживание второго вида проводится через 1000 ч работы станка согласно графику технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). В него включаются (дополнительно к работам ТО первого вида) работы, связанные с частичной разборкой сборочных единиц станка с ЧПУ. Кроме того, выполняются следующие операции: регулировка

подшипников, фрикционных и электромагнитных муфт; промывка картеров и замена масла в гидросистемах и системах смазки станка; проверка креплений электрических машин и аппаратуры, а также состояния их элементов; проверка заземления электроприводов, шкафов электрооборудования и устройств ЧПУ; измерение напряжений в системах управления и ЧПУ; замена вышедших из строя элементов систем управления; проверка по тест-программе точности работы станка и устройства ЧПУ.

Таблица 5.1 – График проведения технического обслуживания и ремонта обслуживающим персоналом

			Обслуживающий персонал			
Шифр	Операции	Часть станка	Слесарь	Электрик	Смазчик	Оператор
<i>При плановом ТО</i>						
Оп	Плановый осмотр	Механическая и электрическая	+	+	—	+
Ое	Ежесменный осмотр	Механическая	+	—	—	+
Чс	Ежесменное поддержание чистоты	Весь станок	—	—	—	+
Се	Смазывание ежесменное	Механическая	—	—	—	+
Сп	Пополнение и замена смазки (через 40 ч)	Весь станок	+	—	+	—
Р	Регулирование механизма	Механическая и электрическая	+	+	—	—
Пр	Проверка геометрической и технологической точности оборудования		+	—	—	—
<i>При внеплановом ТО и Р</i>						
Зн	Замена случайно отказавших деталей	Механическая и электрическая	+	+	—	—
Рн	Восстановление случайных нарушений регулировки устройств и сопряжений	Механическая и электрическая	+	+	—	—

Текущий ремонт осуществляется в процессе эксплуатации станка с ЧПУ и состоит из работ, предусмотренных плановым техническим обслуживанием второго вида, а также замены или восстановления отдельных механизмов сборочных единиц или устройств. Этот вид ремонта выполняется комплексными или специализированными бригадами ремонтной службы предприятия.

Капитальный ремонт производится бригадами ремонтно-механических цехов по плану-графику ТО и Р. Комплекс работ при капитальном ремонте включает:

- осмотр станка с ЧПУ и составление дефектной ведомости; очистку станка от стружки, грязи, пыли; слив масла и смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ) из емкостей;
- разборку станка на сборочные единицы и детали и их промывку; проведение контроля и сортировки сборочных единиц и деталей на группы — годные, подлежащие ремонту, и негодные; составление дефектной ведомости;
- конструкторскую проработку и выдачу чертежей для восстановления или замены изношенных деталей;
- сборку сборочных единиц, механизмов и агрегатов и их испытание; общую сборку станка;
- обкатку и испытание станка — внешний осмотр, испытание на холостом ходу и под нагрузкой, испытание на мощность, жесткость, геометрическую точность, точность и шероховатость обрабатываемой детали.

Важно соблюдать периодичность смазки и применять те виды смазочных материалов, которые указаны в руководстве по эксплуатации станков. Ежедневная смазка выполняется оператором станка с ЧПУ. Еженедельная и периодическая смазка, замена смазочного материала выполняются комплексными бригадами или специализированными подразделениями.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы цели и задачи ремонта оборудования?
2. Назовите виды выполнения ремонтных работ.
3. В чем сущность рациональной системы технического обслуживания и ремонта?
4. Какие существуют виды ремонта?
5. Что такое узловой метод ремонта?
6. Назовите виды работ, выполняемых при ТО первого и второго видов.

## **Лекция 6. Сущность явления износа. Виды и характер износа деталей. Признаки износа**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о видах, характеристиках и признаках износа;  
**знать:** сущность явления износа; виды и характер износа; причины возникновения износа; признаки и методы выявления износа;  
**уметь:** определять степень износа детали.

### *Сущность явления износа*

Срок службы промышленного оборудования определяется износом его деталей — изменением размеров, формы, массы или состояния его поверхностей вследствие изнашивания, т.е. остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок либо разрушения поверхностного слоя при трении.

Скорость изнашивания деталей оборудования зависит от многих причин: условий и режима их работы; материала, из которого они изготовлены; характера смазки трущихся поверхностей; удельного усилия и скорости скольжения; температуры в зоне сопряжения; состояния окружающей среды (запыленность и т.д.). Величина износа характеризуется установленными единицами длины, объема, массы и др. Износ определяется по изменению зазоров между сопрягаемыми поверхностями деталей, появлению течи в уплотнениях, уменьшению точности обработки изделия и т. п.

Износы бывают нормальными и аварийными. Нормальным, или естественным, называют износ, который возникает при правильной, но длительной эксплуатации машины, т.е. в результате использования заданного ресурса ее работы. Аварийным, или прогрессирующим, называют износ, наступающий в течение короткого времени и достигающий таких размеров, что дальнейшая эксплуатация машины становится невозможной. При определенных значениях изменений, возникающих в результате изнашивания, наступает предельный износ, вызывающий резкое ухудшение эксплуатационных качеств отдельных деталей, механизмов и машины в целом, что вызывает необходимость ее ремонта.

### *Виды и характер износа деталей промышленного оборудования*

Виды износа различают в соответствии с существующими видами изнашивания: механический, абразивный, усталостный, коррозионный и др.

Механический износ является результатом действия сил трения при скольжении одной детали по другой. При этом происходит истирание (срезание) поверхностного слоя металла и искажение геометрических размеров у совместно работающих деталей. Этот вид износа часто возникает

при работе таких распространенных сопряжений деталей, как вал — подшипник, станина — стол, поршень — цилиндр и др. Он появляется и при трении качения поверхностей, так как ему неизбежно сопутствует и трение скольжения, однако в подобных случаях износ бывает очень небольшим.

Степень и характер механического износа деталей зависят от многих факторов: физико-механических свойств верхних слоев металла; условий работы и характера взаимодействия сопрягаемых поверхностей; давления; относительной скорости перемещения; условий смазывания трущихся поверхностей; степени шероховатости последних и др.

Наиболее разрушительное действие на детали оказывает абразивный износ, который наблюдается в тех случаях, когда трущиеся поверхности загрязняются мелкими абразивными и металлическими частицами. Обычно такие частицы попадают на трущиеся поверхности при обработке на станке литьих заготовок, в результате изнашивания самих поверхностей, попадания пыли и др. Они длительное время сохраняют свои режущие свойства, образуют на поверхностях деталей царапины, задиры, а также, смешиваясь с грязью, выполняют роль абразивной пасты, в результате действия которой происходит интенсивное притирание и изнашивание сопрягаемых поверхностей. Взаимодействие поверхностей деталей без относительного перемещения вызывает смятие металла, что характерно для шпоночных, шлицевых, резьбовых и других соединений.

Механический износ может вызываться и плохим обслуживанием оборудования, например нарушениями в подаче смазки, недоброкачественным ремонтом и несоблюдением его сроков, мощностной перегрузкой и т.д.

Во время работы многие детали машин (валы, зубья зубчатых колес, шатуны, пружины, подшипники) подвергаются длительному воздействию переменных динамических нагрузок, которые в большей степени отрицательно влияют на прочностные свойства деталей, чем статические. Усталостный износ является результатом воздействия на деталь переменных нагрузок, вызывающих усталость материала детали и его разрушение. Валы, пружины и другие детали разрушаются вследствие усталости материала в поперечном сечении. При этом получается характерный вид излома с двумя зонами — развивающихся трещин и той, по которой произошел излом. Поверхность первой зоны гладкая, а второй — с раковинами, иногда зернистая.

Усталостные разрушения материала детали необязательно должны сразу привести к ее поломке. Возможно возникновение усталостных трещин, шелушения и других дефектов, которые опасны тем, что вызывают ускоренный износ детали и механизма. Для предотвращения усталостного разрушения важно правильно выбрать форму поперечного сечения вновь изготавляемой или ремонтируемой детали: она не должна иметь резких переходов от одного размера к другому. Следует также помнить, что грубо

обработанная поверхность, наличие рисок и царапин могут стать причиной возникновения усталостных трещин.

Коррозионный износ является результатом изнашивания деталей машин и установок, находящихся под непосредственным воздействием воды, воздуха, химических веществ, колебаний температуры. Например, если температура воздуха в производственных помещениях неустойчива, то каждый раз при ее повышении содержащиеся в воздухе водяные пары, соприкасаясь с более холодными металлическими деталями, осаждаются на них в виде конденсата, что вызывает коррозию, т.е. разрушение металла вследствие химических и электрохимических процессов, развивающихся на его поверхности. Под влиянием коррозии в деталях образуются глубокие разъединения, поверхность становится губчатой, теряет механическую прочность. Эти явления наблюдаются, в частности, на деталях гидравлических прессов и паровых молотов, работающих в среде пара или воды.

Обычно коррозионный износ сопровождается и механическим износом вследствие сопряжения одной детали с другой. В этом случае происходит коррозионно-механический, т.е. комплексный, износ.

Износ при заедании возникает в результате прилипания («схватывания») одной поверхности к другой. Это явление наблюдается при недостаточной смазке, а также при значительном давлении, когда две сопрягаемые поверхности сближаются настолько плотно, что между ними начинают действовать молекулярные силы, приводящие к их схватыванию.

### *Механический износ деталей промышленного оборудования*

Механический износ деталей рассмотрим подробнее. Механический износ деталей оборудования может быть полным, если повреждена вся поверхность детали, или местным, если поврежден какой-либо ее участок (рис. 6.1).

В результате износа направляющих станков нарушаются их плоскостность, прямолинейность и параллельность вследствие действия на поверхности скольжения неодинаковых нагрузок. Например, прямолинейные направляющие 2 станка (рис. 6.1, а) под влиянием больших местных нагрузок приобретают вогнутость в средней части (местный износ), а сопрягаемые с ними короткие направляющие 1 стола становятся выпуклыми.

Цилиндры и гильзы поршней в двигателях, компрессорах, молотах и других машинах изнашиваются тоже неравномерно (рис. 6.1). Износ происходит на участке движения поршневых колец и проявляется в виде выработки внутренних стенок цилиндра или гильзы. Искажается форма отверстия цилиндра — образуются отклонения от цилиндричности и круглости (бочко-образность), возникают царапины, задиры и другие дефекты. У цилиндров двигателей внутреннего сгорания наибольшему износу подвергается верхняя часть, испытывающая самые высокие давления

и наибольшие температуры. В кузнечно-прессовом оборудовании, наоборот, наибольший износ появляется в нижней части цилиндра — там, где находится поршень во время ударов.

Износ поршня (рис. 6.1, в) проявляется в истирании и задирах на юбке 3, изломе перемычек 4 между канавками, появлении трещин в днище 5 и разработке отверстия 6 под поршневой палец.

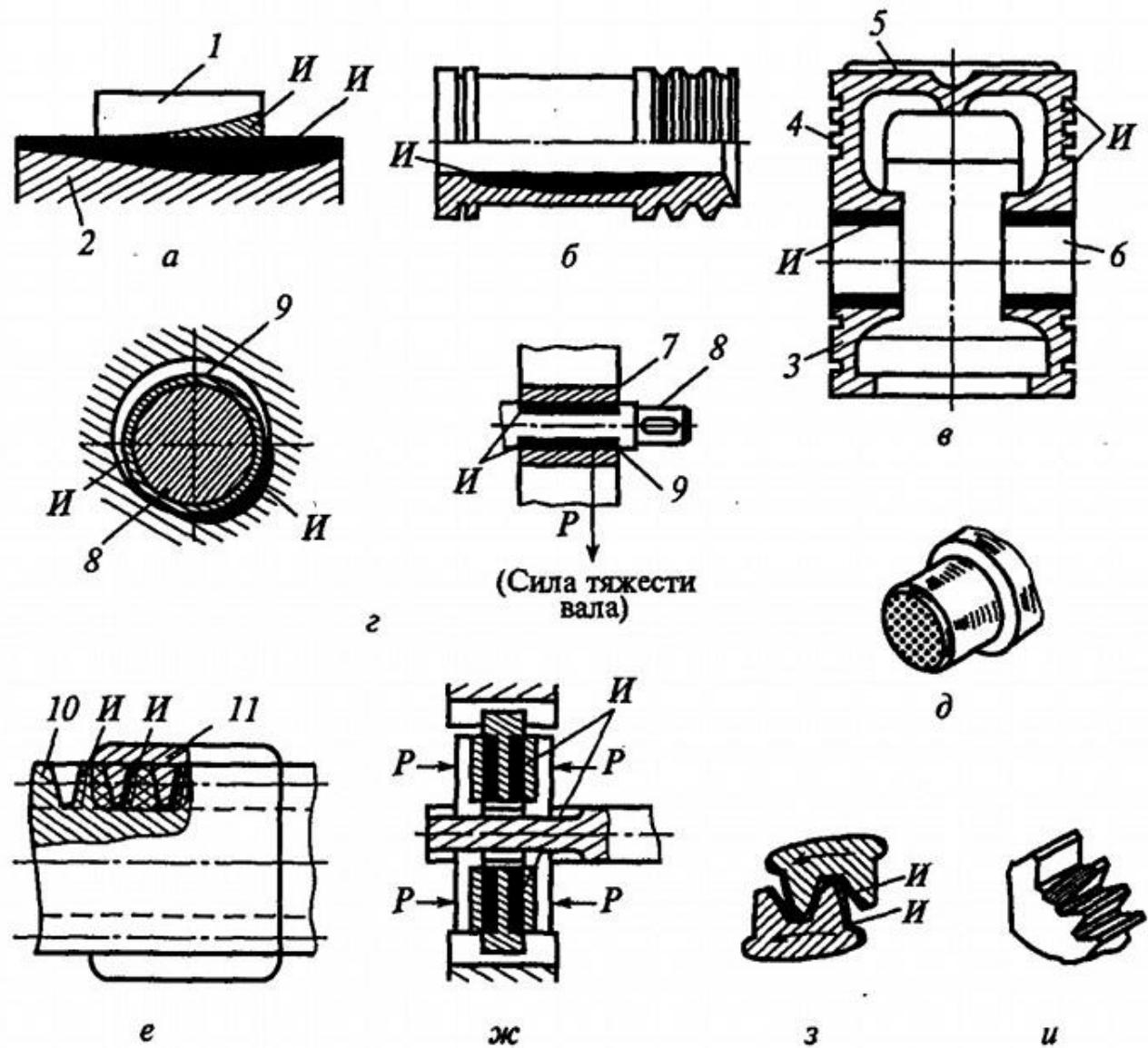


Рисунок 6.1 – Характер механического износа деталей:  
 а — направляющих станины и стола; б — внутренних поверхностей цилиндра; в — поршня; г, д — вала; е — резьбы винта и гайки; ж — дисковой фрикционной муфты; з, и — зубьев колеса; 1 — стол; 2 — станина; 3 — юбка; 4 — перемычка; 5 — днище; 6 — отверстие; 7 — подшипник; 8 — шейка вала; 9 — зазор; 10 — винт; 11 — гайка; И — места износа; Р — действующие усилия

Износ валов (рис. 6.1, г, д) проявляется возникновением различных дефектов: валы становятся изогнутыми, скрученными, изломанными вследствие усталости материала; на их шейках образуются задиры; цилиндрические шейки становятся конусными или бочкообразными. Отклонения от круглости приобретают также отверстия подшипников скольжения и втулок. Неравномерность износа шеек валов и поверхностей отверстий во втулках при вращении вала — результат действия различных нагрузок в разных направлениях. Если на вал во время вращения действует только сила его тяжести, то износ появляется в нижней части подшипника (рис. 6.1, г).

В зубчатых передачах наиболее часто изнашиваются зубья (рис. 6.1, з, и): образуются задиры, зубья изменяют свою форму, размеры и выламываются. Поломка зубьев, появление трещин в спицах, ободе и ступице зубчатых колес, износ посадочных отверстий и шпонок происходят по трем основным причинам: перегрузка зубчатой передачи; попадание в нее посторонних тел; неправильная сборка (например, крепление зубчатых колес на валу с перекосом осей).

Ходовые винты имеют трапецидальную или прямоугольную резьбу. У винта и его гайки изнашивается резьба, витки становятся тоньше (рис. 6.1, е). Износ резьбы у винтов, как правило, неравномерный, так как подавляющая часть деталей, обрабатываемых на станках, имеет меньшую длину, чем ходовой винт. Сильнее изнашивается та часть резьбы, которая работает больше. Гайки ходовых винтов изнашиваются быстрее, чем винты. Причины этого таковы: резьбу гаек неудобно очищать от загрязнений; гайки в ряде случаев неудовлетворительно смазываются; у гайки, сопряженной с винтом, участвуют в работе все витки резьбы, тогда как у винта одновременно работает только небольшая часть его витков, равная числу витков гайки.

У дисковых муфт в результате действия сил трения наибольшему износу подвергаются торцы дисков (рис. 6.1, ж); их поверхности истираются, на них появляются царапины, задиры, нарушаются плоскостность.

В резьбовых соединениях наиболее часто изнашивается профиль резьбы, в результате в них увеличивается зазор. Это наблюдается в сопряжениях не только ходовых, но и зажимных, например у зажимных винтов часто отвертываемых крепежных болтов. Износ резьбовых соединений — результат недостаточной или, наоборот, чрезмерной затяжки винтов и гаек. Особенно интенсивен износ, если работающее соединение воспринимает большие или знакопеременные нагрузки: болты и винты растягиваются, шаг резьбы и ее профиль искажаются, гайка начинает «заедать». В этих случаях возможны аварийные поломки деталей соединения. Границы головок болтов и гаек чаще всего изнашиваются потому, что их отвертывают несоответствующими ключами. В шпоночных соединениях изнашиваются как шпонки, так и шпоночные пазы. Возможные причины этого явления —

ослабление посадки детали на валу, неправильная подгонка шпонки по гнезду.

В подшипниках качения вследствие различных причин (рис. 6.2, а—г) износу подвержены рабочие поверхности — на них появляются осинки, наблюдается шелушение поверхностей беговых дорожек и шариков. Под действием динамических нагрузок происходит их усталостное разрушение. Под влиянием излишне плотных посадок подшипников на вал и в корпус шарики и ролики защемляются между кольцами, в результате чего возможны перекосы колец при монтаже и другие нежелательные последствия.

Различные поверхности скольжения также подвержены характерным видам износа (рис. 6.3). В процессе эксплуатации зубчатых передач вследствие контактной усталости материала рабочих поверхностей зубьев и под действием касательных напряжений возникает выкрашивание рабочих поверхностей, т.е. отделение частиц материала, приводящее к образованию ямок на поверхности трения (рис. 6.3, а). Разрушение рабочих поверхностей зубьев вследствие интенсивного выкрашивания (рис. 6.3, б) часто называют отслаиванием (происходит отделение от поверхности трения материала в форме чешуек).

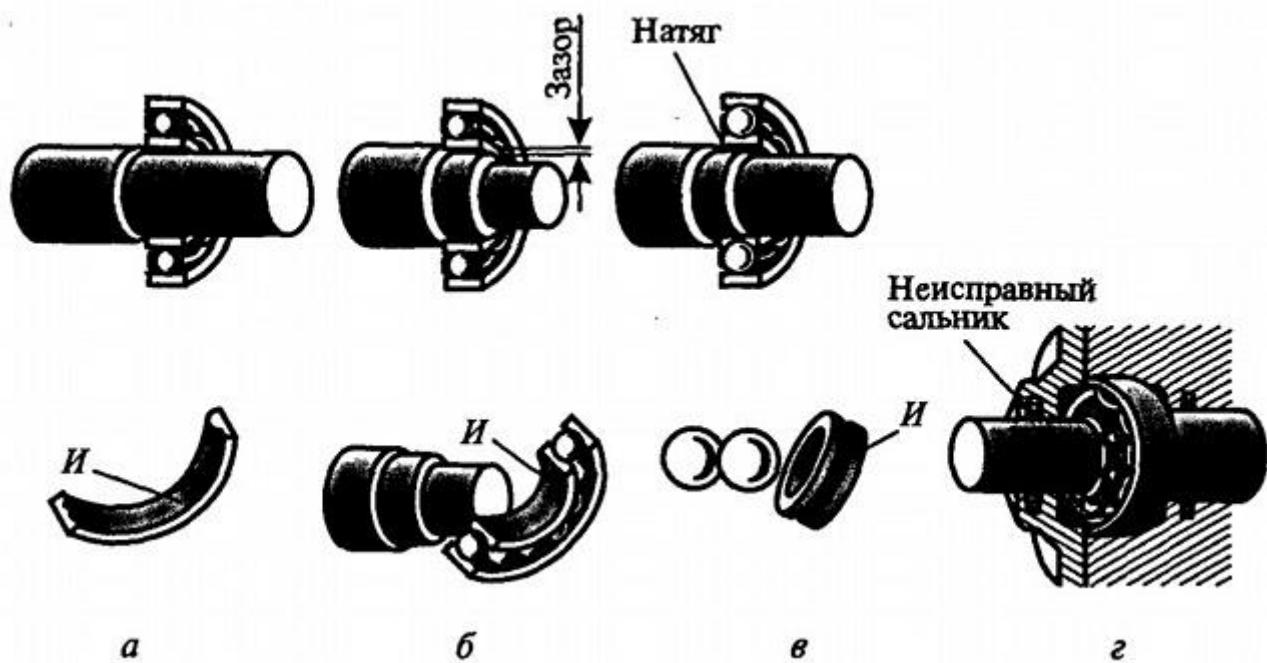


Рисунок 6.2 – Износ подшипников качения:  
 а — вследствие перекоса; б — при проворачивании внутреннего кольца на валу; в — из-за чрезмерного натяга; г — из-за неисправного сальника; И — места износа

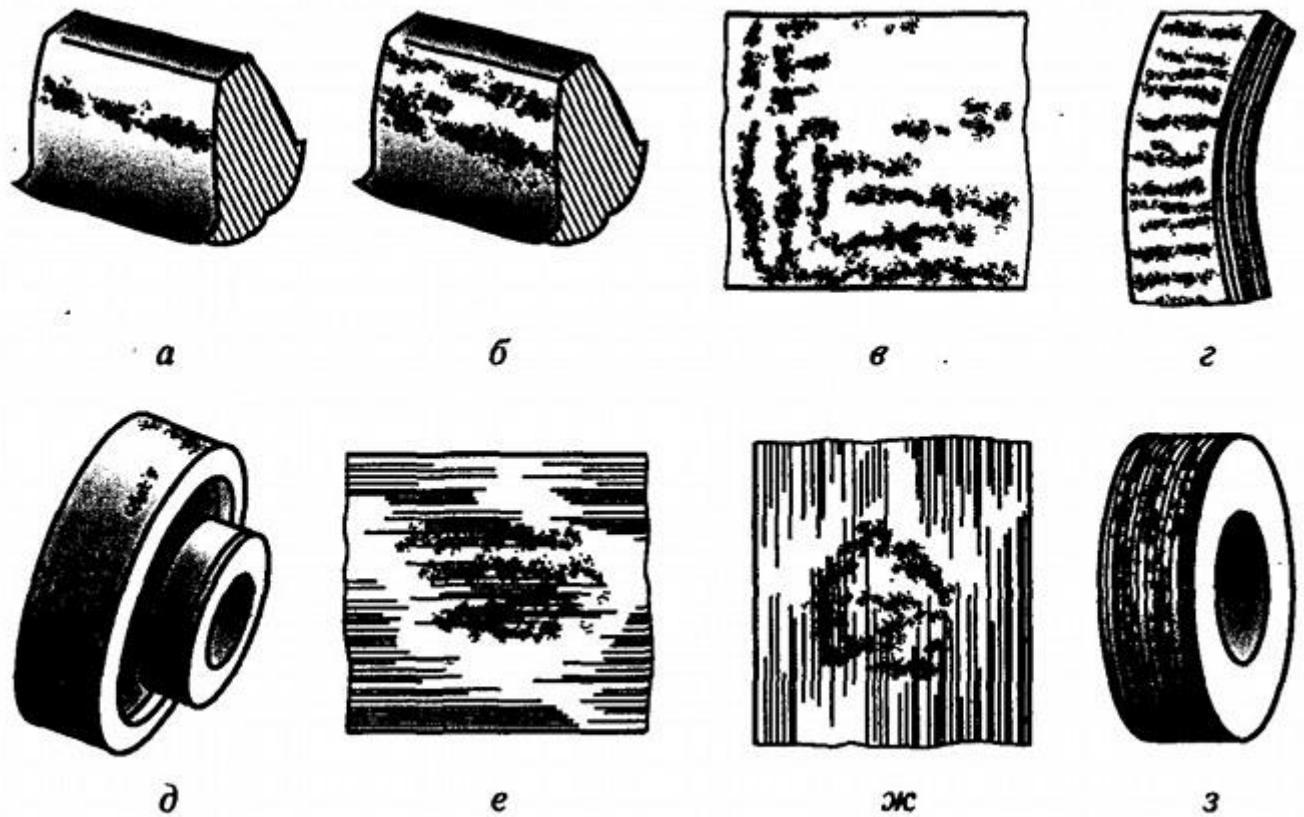


Рисунок 6.3 – Характерные виды износа поверхностей скольжения: а — выкрашивание; б — отслаивание; в — коррозия; г — эрозия; д — царапины; е — задиры; ж — налипание; з — глубинный вырыв материала и перенос его с другой поверхности трения

На рис. 6.3, в показана поверхность, разрушенная коррозией. Поверхность чугунного порошкового кольца (рис. 6.3, г) повреждена вследствие эрозионного изнашивания, которое происходит при движении поршня в цилиндре относительно жидкости. Находящиеся в жидкости пузырьки газа лопаются вблизи поверхности поршня, что создает местное повышение давления или температуры и вызывает износ деталей. На поверхности тормозного барабана (рис. 6.3, д) показаны риски, которые появляются при воздействии на вращающийся барабан твердого тела или твердых частиц. Задиры (рис. 6.3, е) образуются в результате схватывания поверхностей при трении вследствие действия между ними молекулярных сил. На рис. 6.3, ж показана рабочая поверхность детали с налипшими на нее посторонними частицами, а на рис. 6.3, з — поверхность детали с износом при заедании в результате схватывания — глубинного вырыва материала и переноса его с другой поверхности трения.

## *Признаки износа промышленного оборудования*

Об износе деталей машины или станка можно судить по характеру их работы. В машинах, имеющих коленчатые валы с шатунами

(двигатели внутреннего сгорания и паровые, компрессоры, эксцентриковые прессы, насосы и др.), появление износа определяют по глухому стуку в местах сопряжения деталей (он тем сильнее, чем больше износ).

Шум в зубчатых передачах — признак износа профиля зубьев. Глухие и резкие толчки ощущаются каждый раз, когда меняется направление вращения или прямолинейного движения в случаях износа деталей шпоночных и шлицевых соединений.

Износ в сборочных единицах станка можно установить не только на слух, но и по виду поверхностей заготовок, обработанных на этом станке. Если, например, при обработке заготовки на токарном станке на ее поверхности через равные промежутки появляются кольцевые выступы или впадины, то это означает, что в фартуке станка износились зубья реечного колеса и рейки; движение суппорта вместо плавного стало прерывистым. Этот дефект часто обнаруживается при износе направляющих станины и каретки суппорта, нарушающем соосность отверстий фартука и коробки подач, через которые проходит ходовой вал.

Следы дробления на обтачиваемом валике, установленном в коническом отверстии шпинделя, свидетельствуют об увеличении зазора между шейками шпинделя и его подшипниками вследствие их износа. Если обрабатываемая на токарном станке заготовка получается конической, значит, изношены подшипники шпинделя (главным образом передний) и направляющие станины, а если овальной — изношена шейка шпинделя, принявшая форму овала. Увеличение мертвого хода укрепленных на винтах рукояток сверх допустимого — свидетельство износа резьбы винтов и гаек.

Об износе деталей машин часто судят по появившимся на них царапинам, бороздкам и забоинам, а также по изменению их формы. Детали машин, работающие со значительными знакопеременными нагрузками, осматривают через увеличительное стекло (лупу), проверяя, нет ли у них мелких трещин, которые могут послужить в дальнейшем причиной поломки. В некоторых случаях проверку осуществляют с помощью молотка: дребезжащий звук при обстукивании детали молотком свидетельствует о наличии в ней значительных трещин.

О работе сборочных единиц с подшипниками качения можно судить по характеру издаваемого ими шума. Лучше всего выполнять такую проверку специальным прибором — стетоскопом. При его отсутствии пользуются металлическим прутком, который прикладывают закругленным концом к уху, а заостренным — к тому месту, где находится подшипник: при нормальной работе слышен слабый шум — равномерное тонкое жужжание; если работа подшипников нарушена, возникают сильные шумы. Свист или

резкий (звенящий) шум указывает на отсутствие в подшипнике смазки либо на защемление шариков или роликов между беговыми дорожками внутреннего и наружного колец. Гремящий шум (частые, звонкие стуки) означает, что на шариках, роликах, кольцах появились язвины либо в подшипник попала абразивная пыль или грязь. Глухие удары сигнализируют об ослаблении посадки подшипника на валу и в корпусе.

Работу подшипника можно проверять и по нагреву, определяемому на ощупь наружной стороной кисти руки, которая безболезненно выдерживает температуру до 600 С. Так, например, определяют повышенный нагрев подшипников, который может быть следствием защемления шариков или роликов между беговыми дорожками в результате отклонения от соосности опор, а также возникать из-за отсутствия смазки (особенно в тех случаях, когда вал вращается с большой частотой). Перегрев подшипника может появиться при больших частотах вращения вала также в случае избытка смазочного масла или его повышенной вязкости, создающей дополнительное сопротивление вращению вала. Значительный нагрев вызывает ускоренный износ подшипников.

Тугое проворачивание вала свидетельствует об отсутствии соосности между ним и подшипником или о чрезмерно тугой посадке подшипника на валу или в корпусе. Дребезжащий стук в цилиндре компрессора сигнализирует о поломке или повышенном износе поршневых колец, а глухой — об износе поршня и цилиндра. Стук маховика может быть следствием нарушения его посадки на валу. Недостаточное давление в пневмосистеме является результатом утечки сжатого воздуха из соединений трубопроводов, пробуксовки приводных ремней, износа цилиндра, поршня и других деталей компрессора.

## **Лекция 7. Основные понятия о надежности машин**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** об основных понятиях надежности машин;

**знать:** понятие надежность, работоспособность, безотказность, наработка, отказ, неисправность, долговечность, ремонтопригодность.

Технический прогресс предъявляет все более высокие требования к качеству современных машин. Под качеством машины понимают совокупность свойств, определяющих степень ее пригодности для использования по назначению. Критерии оценки качества машины могут быть разделены на две основные группы — производственно-технологические и эксплуатационные.

К производственно-технологическим показателям относятся себестоимость машины, масса и др. Из эксплуатационных показателей наиболее важным является надежность, так как она характеризует стабильность качества. Остальные эксплуатационные показатели качества машины (производительность, экономичность, степень механизации и автоматизации и др.) без обеспечения необходимой надежности теряют свое значение. К каждой детали, сборочной единице, машине, системе машин в целом (их можно обозначить одним термином — изделие) предъявляются определенные требования по надежности.

Надежность (ГОСТ 13377 — 80) — свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных размерах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Надежность изделия обусловливается его работоспособностью, долговечностью и ремонтопригодностью.

Работоспособность — состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Безотказность — свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.

Наработка — продолжительность работы изделия, измеряемая в часах, циклах, деталях и т. д. Для металорежущих станков наработка, как правило, измеряется в часах или количестве обработанных деталей. Различают наработки за какой-либо период, до первого отказа, между отказами и др.

Отказ — это явление, заключающееся в нарушении работоспособности изделия. Металорежущие станки относятся к восстанавливаемым изделиям.

Неисправность — состояние изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований технической документации. Например больший, чем предусмотрено ТУ, расход масла при смазывании свидетельствует о неисправности.

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. (Предельное состояние изделия определяется

невозможностью его дальнейшей эксплуатации либо снижением эффективности использования ниже допустимого уровня.)

Ремонтопригодность — свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонта. Количественно ремонтопригодность определяется затратами времени и средств на устранение отказов. Затраты времени на устранение отказа включают в себя время, необходимое для обнаружения отказа, отыскания неисправностей, подготовки запасных деталей для ремонта, замены или восстановления неисправного сопряжения, послеремонтной настройки, проверки качества ремонта, а также организационные потери времени. Следовательно, ремонтопригодность характеризуется приспособленностью машины к требованиям по ликвидации повреждений, ремонтодоступностью и ремонтоспособностью.

Приспособленность к отысканию повреждений, диагностированию, определению технического состояния оборудования без разборки сборочных единиц зависит от конструктивных особенностей машины и наличия в ней устройств для защиты от перегрузок и ошибок обслуживающего персонала, а также устройств, сигнализирующих о повреждениях.

Ремонтодоступность оценивается удобствами монтажа и доступа к деталям и сборочным единицам в целях их осмотра или замены, а также обслуживания системы. Ремонтодоступность зависит от типа и вида креплений деталей и сборочных единиц, наличия свободных (удобных) разъемов, количества и массы снимаемых для ремонта деталей, степени сложности движений при осмотрах и ремонте. Примеры недостаточного внимания к обеспечению ремонтодоступности, выявленные при эксплуатационных наблюдениях: сборка и разборка коробки скоростей неудобны и трудоемки; неудобно заливать масло в картеры станков; затруднительна уборка стружки из-за неудачной конструкции корыта и т.д.

Ремонтоспособность определяется: наличием технологических баз для восстановления исходных координат (например, плоскость крепления рейки для восстановления направляющих станин под каретку суппорта), наличием компенсаторов износа фрикционных муфт, подшипников скольжения, червячных передач и других сопряжений; конструктивными особенностями изнашивающихся деталей, обеспечивающими их пригодность к восстановлению; наличием устройств, защищающих от коррозии и проникновения в механизмы эмульсии, а также служащих для отвода стружки и защиты труящихся поверхностей от повреждений; возможностью замены некоторых деталей и сборочных единиц при модернизации оборудования.

Ремонтопригодность оказывает большое влияние на уровень затрат, связанных с эксплуатацией промышленного оборудования, и является одним из важнейших средств обеспечения надежности и долговечности работы машин.

## **Лекция 7. Основные правила эксплуатации технологического оборудования**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о правилах эксплуатации технологического оборудования;  
**знать:** содержание правил по эксплуатации технологического оборудования.

Руководство по эксплуатации содержит следующие сведения о назначении и области применения станка:

- перечень составных частей станка;
- данные об устройстве станка и его составных частей;
- кинематическую, гидравлическую и электрическую схемы;
- данные о системе смазывания;
- инструкции по эксплуатации и регулированию отдельных узлов и элементов станка;
- перечень возможных нарушений в работе и способы их устранения;
- паспорт.

В паспорте станка указывают модель, завод-изготовитель, дату пуска станка в эксплуатацию. В нем также приводятся: основные технические данные и характеристики; схема установки станка; механика станка (частота вращения, подача, наибольший допустимый крутящий момент на шпинделе, мощность на шпинделе по приводу); сведения о ремонте; перечень комплектующих изделий; результаты испытаний станка на соответствие нормам точности и жесткости; свидетельство о консервации; свидетельство об упаковке; гарантии.

В руководстве по эксплуатации также приводятся чертежи быстроизнашивающихся деталей.

К самостоятельной работе на станке допускаются рабочие, сдавшие экзамен по обслуживанию и регулированию станка данной модели и прошедшие инструктаж по безопасности труда.

В процессе эксплуатации регулирование не требующих разборки механизмов выполняет рабочий-станочник. Сложные механизмы, требующие разборки, регулируются наладчиком или слесарем-ре-монтажником.

Передача оборудования от одной смены к другой осуществляется рабочими-сменщиками. Принимающий смену обязан проверить работу всех узлов станка, уделив особое внимание работоспособности блокирующих и предохранительных устройств. При обнаружении неисправностей в станке он обязан сообщить об этом мастеру, не приступая к работе.

При аварии рабочий должен остановить станок, не снимая детали, инструментов, приспособлений, и сообщить об этом мастеру и механику цеха. Акт должен быть составлен не позже, чем через 24 ч после аварии.

Приступая к работе, необходимо освободить рабочее место от

материала, деталей, приспособлений, заготовок и инструментов, которые не требуются для выполнения сменного задания.

Регулировать механизмы станка разрешается только после отключения его от электросети и установления таблички с надписью «Производятся работы, не включать!».

Отключение и подключение к сети, регулирование и ремонт электроаппаратуры должны осуществляться специалистами-электриками.

Мастер цеха обязан закрепить оборудование за рабочим, обеспечить смазку, охлаждение, уборку оборудования и передачу его на следующую смену, не допускать перегрузки или использования не по назначению.

Большое народнохозяйственное значение имеет правильная эксплуатация металорежущих станков, т. е. их использование по мощности, крутящему моменту и другим параметрам.

Важно учесть не только число наработанных часов, но и как был использован станок по основным параметрам. Это вполне поддается контролю.

## **Лекция 8. Особенности выбора материалов при ремонте. Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** об особенностях при выборе материалов при ремонте; факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования;

**знать:** критерий выбора материала при ремонте; факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования.

Одним из критериев выбора материалов для изготовления новых деталей при ремонте является износостойкость, которая в основном определяется твердостью. Если твердость материала сопрягаемых деталей выше твердости абразива, то износ мал. Износостойкость может достигаться и таким образом: одну деталь (например, вал) выполняют из материала высокой твердости, а другую (подшипник скольжения) — из мягкого антифрикционного (бронзы, баббита, металлокерамики и др.). В зависимости от условий эксплуатации и требований, предъявляемых к деталям, выбирают материал для изготовления последних. Например, к твердости шеек шпинделей (легких и средних), работающих в подшипниках скольжения, предъявляются повышенные требования, поэтому их закаливают током высокой частоты (ТВЧ), достигая твердости HRC 54...60; шпинNELи изготавливают из стали 40Х. Такие же шпинNELи, работающие в подшипниках качения, производят из стали 45 и улучшают термообработкой до HRC 23... 27.

Ходовые винты (средние и легкие) токарных станков должны обладать высокой износостойкостью и минимально деформироваться. Их изготавливают из стали 45, подвергая сначала предварительному, а затем вторичному отжигу после обдирки. Червяки, работающие на больших скоростях, изготавливают из стали 12ХНЗА, цементируют и закаливают с низким отпуском до HRC 56; червяки, работающие на средних скоростях, выполняют из стали 45 и закаливают с отпуском до HRC 23... 30. Пружины изготавливают из стальной (марки 65Г) проволоки диаметром менее 6 мм, затем подвергают закалке и отпуску до HRC 58 ...62.

### *Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования*

Промышленное производство несет большие материальные потери из-за простоеv машин и станков в связи с преждевременным износом и непригодностью к использованию их деталей. Чтобы по возможности уменьшить эти потери, производственному и ремонтному персоналу предприятий следует четко разграничивать ответственность за сохранность и работоспособность оборудования и вести борьбу за продление времени

работы оборудования между ремонтами.

Долговечность и бесперебойная работа оборудования обеспечиваются прежде всего соблюдением правил его эксплуатации, которые сводятся в основном к следующему:

- оборудование должно использоваться в соответствии с его назначением и техническими характеристиками;
- уборку машин, станков, чистку механизмов и деталей следует выполнять, строго придерживаясь соответствующих инструкций;
- для смазки деталей и сборочных единиц нужно применять масла установленных марок и производить смазывание в сроки, указанные в карте смазки;
- необходимо тщательно и своевременно проводить оперативное и планово-профилактическое ремонтное обслуживание, технические осмотры и ремонт.

На многих предприятиях у станков вывешены таблички (инструкции), напоминающие о правилах ухода за сборочными единицами станков. Для каждого станка должна быть составлена карта смазки.

Срок службы деталей значительно увеличивается при уменьшении трения в механизмах оборудования, поэтому необходимо: добиваться требуемой шероховатости обработки рабочих поверхностей у восстановленных после износа, а также изготовленных заново деталей;

- наносить износостойкие покрытия на поверхности как восстановленных, так и новых деталей;
- повышать твердость рабочих поверхностей деталей упрочнением их различными способами;
- своевременно обеспечивать надлежащую подачу смазки к трущимся поверхностям;
- защищать ограждениями, щитками, кожухами и другими устройствами рабочие поверхности сопрягаемых деталей от попадания на них пыли, стружки и других загрязнений.

## **Контрольные вопросы**

1. В чем сущность явления износа?
2. Какие виды износа вы знаете?
3. Какое влияние на износ деталей оказывает качество рабочих поверхностей?
4. Каков характер механического износа деталей?
5. По каким признакам можно определить износ различных деталей и сборочных единиц?
6. В зависимости от каких факторов выбирают материал для изготовления новых деталей при ремонте?
7. Какие факторы увеличивают продолжительность работы оборудования?

## **Лекция 9. Особенности выбора материалов при ремонте. Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** об особенностях при выборе материалов при ремонте; факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования;

**знать:** критерий выбора материала при ремонте; факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования.

**Значение режима смазывания для увеличения долговечности работы промышленных машин и механизмов**

Одна из основных мер борьбы с износом деталей машин — это своевременное смазывание трещущихся поверхностей. Слой смазочного материала разделяет трещущиеся поверхности, поэтому они не соприкасаются между собой имеющимися мельчайшими выступами, которые и характеризуют шероховатость. Уменьшению трения благоприятствует подвижность смазки. Кроме того, смазка хорошо отводит теплоту, уносит частицы металла, обладающие абразивным (истирающим) свойством, и предохраняет детали от коррозии.

Когда поверхности двух сопрягаемых деталей полностью разделены слоем смазки и нагрузка воспринимается смазочной пленкой, имеет место так называемое жидкостное трение. Коэффициент жидкостного трения равен 0,001 ... 0,008 (для сравнения укажем, что коэффициент трения подшипников качения колеблется в зависимости от значения относительной скорости трещущихся поверхностей, способа подачи смазки, ее вязкости).

На рис. 9.1, а, б показано расположение вала в подшипнике в состоянии покоя и во время работы. В первом случае, когда вал в подшипнике не вращается, его цапфа под действием силы тяжести Р и нагрузки, направленной сверху вниз, прижимается к нижней части подшипника, зазор с между подшипником и цапфой имеет серповидную форму (рис. 9.1, а).

При вращении вала масло, заполняющее зазор, будет увлекаться под цапфу; последняя как бы всплывает (рис. 9.1, б), образуя на самом узком участке с зазором — масляный клин. С повышением частоты вращения вала начнет увеличиваться толщина клинового слоя за счет увеличения количества смазки, увлекаемой цапфой в клиновой зазор. При бесконечно большой частоте вращения ось ООх цапфы совпадает с осью подшипника, а толщина масляного клина достигает максимальной величины, способствуя жидкостному трению.

Полужидкостное трение имеет место в том случае, когда большая часть сопряженных поверхностей разделена слоем смазки, но их отдельные элементы соприкасаются (коэффициент трения при этом равен 0,008...0,08). При полужидкостном трении работают тяжело нагруженные валы с частотой

вращения до 400 об /мин и детали, совершающие качательное и возвратно-поступательное движения.

Когда скользящие поверхности разделены очень тонким слоем смазки толщиной всего в несколько молекул, то трение между поверхностями называют граничным. Оно характеризуется особым физико-химическим взаимодействием смазки с поверхностью трения. Характер износа при граничном трении зависит в основном от значений нагрузки и температуры. В условиях работы с номинальными параметрами износ происходит так же, как при полужидкостном трении.

Сухое трение возникает при отсутствии смазки между скользящими поверхностями, когда трудно или вообще невозможно произвести смазывание, или сопряжение работает при высоких температурах (свыше 300 °C). Коэффициент сухого трения равен 0,1... 0,8, но его величину (также, как и величину износа) можно значительно снизить путем правильного подбора материала сопряженных деталей, нанесения защитных пленок и термической обработки поверхностей.

Если слой смазки между двумя трущимися поверхностями разделяет их лишь частично, то имеет место полусухое трение.

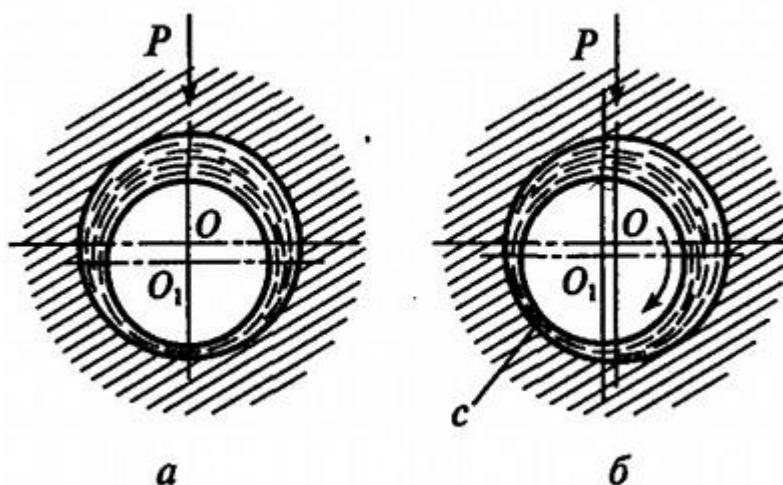


Рисунок 9.1 – Положение вала в подшипнике в состоянии покоя (а) и во время работы (б)

## **Лекция 10. Смазочные материалы и их применение. Способы и средства смазывания станков и механизмов**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о режимах смазывания и применении смазочных материалов; о способах и средствах смазывания станков и механизмов;

**знать:** понятия: полужидкостное трение, сухое трение, динамическая вязкость, кинематическая вязкость, условная вязкость; виды смазывания, смазочные устройства, смазочные станции;

**уметь:** составлять схемы смазки оборудования.

### *Смазочные материалы промышленного оборудования и их применение*

Смазочные масла и мази, обычно минеральные, должны соответствовать ряду показателей, в том числе показателю вязкости (внутреннего трения), имеющему большое практическое значение. Под вязкостью жидкостей понимают их свойство, характеризующее сопротивление действию внешних сил, вызывающих течение жидкостей. Различают вязкости динамическую, кинематическую и условную.

Динамическая вязкость (коэффициент вязкости внутреннего трения) выражает собой силу, затрачиваемую на перемещение одного слоя жидкости относительно другого. За единицу динамической вязкости принята паскаль-секунда (Па·с), равная динамической вязкости среды, касательное напряжение в которой (при ламинарном течении и разности скоростей слоев, находящихся на расстоянии 1 м, равной 1 м/с) равно 1 Па.

Кинематическая вязкость (удельный коэффициент внутреннего трения) представляет собой отношение динамической вязкости жидкости к ее плотности. За единицу кинематической вязкости принят квадратный метр на секунду ( $\text{м}^2/\text{с}$ ), равный кинематической вязкости, при которой динамическая вязкость среды плотностью 1  $\text{кг}/\text{м}^3$  равна 1 Па·с. Этот показатель является обязательным для характеристик всех минеральных масел.

Условная вязкость представляет собой отвлеченное число, выражающее отношение времени истечения 200 г масла из вискозиметра типа ВУ к времени истечения такого же количества дистиллированной воды при температуре 20 °C. Условную (или относительную) вязкость, ранее обозначавшуюся в технической литературе градусами Энглера (°E), выражают в градусах ВУ<sup>1</sup> или ВУ100. Индекс обозначает температуру масла при испытании, которую принимают равной 50 или 100 °C. С понижением температуры и повышением давления вязкость масел возрастает.

При подборе смазки для машин следует руководствоваться некоторыми правилами:

1. Быстроходные механизмы необходимо смазывать маслами пониженной вязкости, иначе будет расходоваться излишняя энергия на

преодоление сцепления частиц смазочного материала и, кроме того, соприкасающиеся поверхности деталей будут нагреваться сильнее обычного.

2. Тихоходные механизмы, работающие под большими нагрузками, нужно смазывать маслами высокой вязкости или же густыми (консистентными) смазками, которые представляют собой смеси минерального масла с каким-нибудь загустителем, например кальциевым, либо воском, парафином и др. Применение в механизмах, работающих с большими знакопеременными нагрузками, масел пониженной вязкости неизбежно ведет к выдавливанию смазки, т. е. к ее недостаточному количеству между трущимися поверхностями.

3. В процессе эксплуатации станков с тяжелыми столами, каретками, с направляющими скольжения и другими сборочными единицами при скорости их движения менее 20 мм/мин часто наблюдается прерывистое (скачкообразное) перемещение. Это объясняется тем, что в начале движения, когда преодолеваются силы трения в передаточных элементах, происходит рывок с последующей кратковременной остановкой. Такой характер движения снижает качество обработки поверхностей. В этих случаях для уменьшения трения, обеспечения плавности хода и точности установочных перемещений узлов станков следует применять антискаковое масло ВНИИ НП-401.

4. Тяжело нагруженные тихоходные механизмы, работающие при высокой температуре, рекомендуется смазывать твердыми смазочными материалами, к которым относятся, например, тальк, графит, слюда.

Смазочные масла и мази бывают разных видов и сортов с различными свойствами. Области их применения также различны (табл. 10.1).

Таблица 10.1 – Смазочные масла и мази

Наименование	гост	Область применения
Масло индустриальное И-5А	20799 - 75	Быстроходные точные механизмы, работающие с частотой вращения 15000...20000 об/мин или с окружной скоростью на шейке вала 4,5 ...6 м/с
Масло индустриальное И-8А	20799 -75	Механизмы, работающие с малой нагрузкой при частоте вращения 1000... 1500 об/мин или с окружной скоростью на шейке вала 3 ...4,5 м/с
Масло индустриальное И-12А	20799-75	Механизмы, работающие с окружной скоростью вала до 3 м/с; гидросистемы с давлением до 6 МПа (60 кгс/мм <sup>2</sup> ); поршневая группа аммиачных компрессоров

Масло индустриальное И-20А	20799-75	Механизмы, работающие при средних нагрузках и повышенных скоростях; гидросистемы металлообрабатывающих станков и других механизмов
Масло индустриальное И-30А	20799-75	Крупные и тяжелые станки; гидравлические системы с поршневыми регулируемыми насосами
Масло индустриальное И-40А	20799-75	Тяжелые станки, работающие с малыми скоростями

Наименование	гост	Область применения
Смазка ЦИАТИМ-202 (универсальная тугоплавкая, влагостойкая, морозоустойчивая, активированная)	11110-75	Подшипники качения закрытого типа и другие сборочные единицы трения, работающие при температурах от —60 до + 120 °C
Солидол синтетический УС-1 и УС-2 (универсальная среднеплавкая, синтетическая, влагостойкая)	1033-75	Сборочные единицы трения, работающие при температурах до +65 °C
Графитная смазка УСс-А (влагостойкая)	3333-80	Тяжело нагруженные сборочные единицы трения, зубчатые передачи, рессоры, лебедки и т. п.

### *Способы и средства смазывания станков и механизмов*

Для подачи смазочного материала к трущимся поверхностям деталей машин используют два основных способа смазывания — индивидуальный и централизованный. Основной характерной особенностью и недостатком индивидуального смазывания является то, что обслуживание использующихся при его применении смазочных устройств (масленок различных конструкций) занимает значительное время. Это особенно ощутимо в тех случаях, когда для обслуживания машины предназначено несколько масленок и находятся они на значительном расстоянии друг от друга.

Централизованное смазывание производится с помощью насоса ручным или автоматическим способом. Через трубы-маслопроводы масло нагнетается непосредственно к трущимся поверхностям или в центральный распределитель — маслосборник, откуда оно самотеком поступает к смазываемым местам. Централизованное смазывание совершеннее индивидуального, так как обеспечивает лучшее качество и экономию времени на обслуживание машин.

В зависимости от того, как используется смазочный материал в процессе смазывания, различают две смазочные системы: проточную и циркуляционную. При проточной системе масло поступает в зону трения, а после смазывания трущихся поверхностей вытесняется за пределы механизма; таким образом, оно используется только однократно. Способы подачи масла при проточной системе различны — ручной, фитильный, капельный, путем набивки и др.

Циркуляционная система характеризуется тем, что масло, поступая в зону трения из емкости (бака, резервуара, картера), снова возвращается в емкость, циркулируя многократно между нею и комплексами трения. При этом циркуляция может быть свободной и принудительной. При свободной циркуляции смазывание осуществляется из емкости путем разбрзгивания или с помощью колец, при принудительной — масло поступает в комплексы трения под действием силы тяжести, а также подается насосом или сжатым воздухом.

### *Смазочные устройства станков и механизмов*

В зависимости от вида смазочной системы, а также смазочного материала смазочные устройства подразделяются на устройства для индивидуального и централизованного смазывания, проточные и циркуляционные, для жидких (минеральных) масел и густых (консистентных) смазок.

Устройства для смазывания консистентными (иногда высоковязкими) смазочными материалами относятся к проточным. Это объясняется тем, что густые смазки, использованные однажды, теряют свои смазочные свойства и не могут быть использованы вторично. Густая смазка подается к комплексу трения под давлением — вручную шприцем, автоматически пружиной либо насосом.

Устройства для индивидуального смазывания различают по способу — ручному и автоматическому. При ручном способе трущиеся поверхности поливают периодически смазкой из масленки или с помощью шприца через специально предусмотренные отверстия, которые часто для защиты от грязи закрывают масленками, например с шариковым клапаном (рис. 10.1, а). В данном случае смазка (густая или жидккая) подается с помощью шприца. Колпачковая масленка (рис. 10.1, б) применяется для подачи густой смазки; завинчиванием колпачка масленки создается давление, при котором смазка подается к смазываемой поверхности. Недостаток рассмотренных смазочных устройств заключается в том, что рабочему приходится часто повторять операцию смазывания.

Масленки автоматического действия обеспечивают лучшие условия смазывания и сокращают время обслуживания оборудования. Непрерывно действующая фитильная масленка показана на рис. 10.1, в. Из нее масло в нужных количествах каплями попадает к смазываемому месту через фитиль

7, очищаясь с его помощью от грязи. Конец фитиля, помещенный у предназначенного для смазывания места, всегда расположен ниже конца, находящегося в резервуаре 2 масленки. Количество подаваемого масла зависит от толщины фитиля и плотности его посадки в канале масленки: чем плотнее он посажен в канале, тем меньше подача масла. Фитиль изготавливают из шерстяных ниток и вводят в специальную петлю 4, сделанную из мягкой тонкой проволоки. С помощью петли, а также усиков 5 фитиль устанавливают на ту или иную глубину в канале 3 масленки. Загрязненный фитиль заменяют новым.

В тех случаях, когда смазывание должно производиться точными дозами масла (например, шпинделей шлифовальных станков), применяют капельные масленки (рис. 10.1, г). Количество подаваемого из них масла регулируют подвивчиванием гайки 6. Масло поступает к смазываемым рабочим поверхностям через отверстие 8, сечение которого увеличивается или уменьшается в зависимости от положения иглы 7. Подвивчивая или отвивчивая гайку 6, поднимают или опускают связанную с ней иглу. О количестве подаваемого масла судят по частоте падения капель, видимых через смотровой глазок у основания масленки. Выход масла начинает уменьшаться с понижением его уровня в резервуаре более чем на 1/3 его высоты.

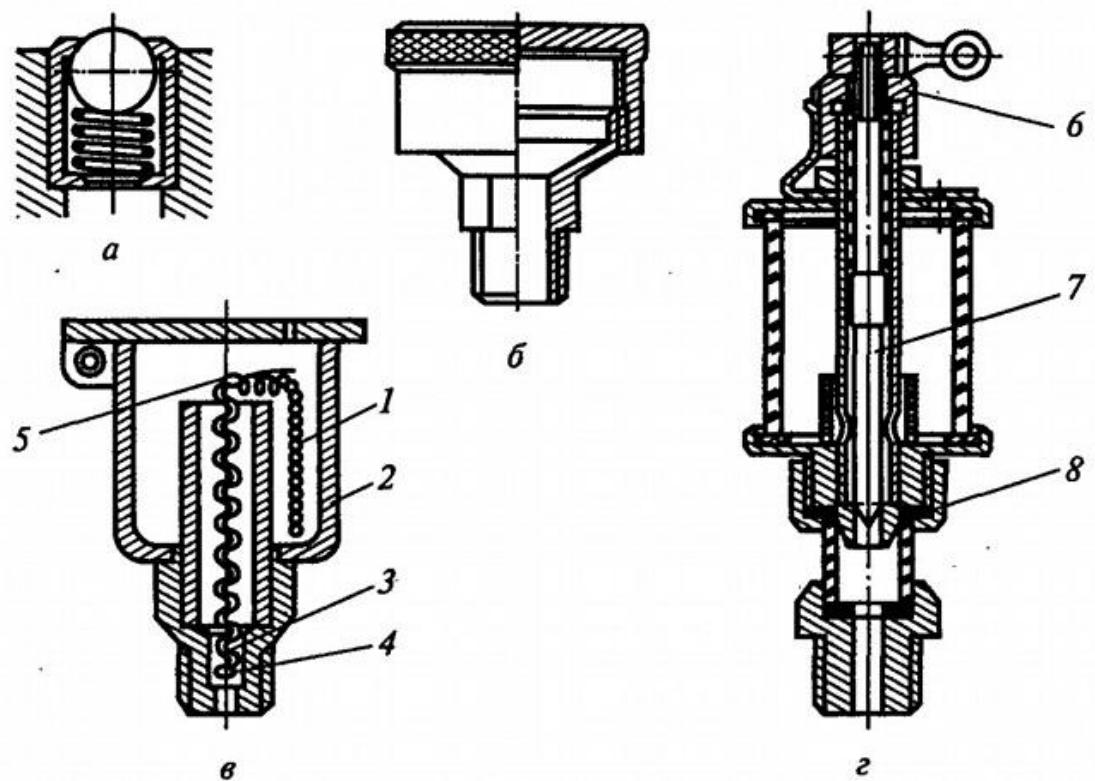


Рисунок 10.1 – Масленки индивидуального смазывания: а — с шариковым клапаном; б — колпачковая; в — фитильная; г — капельная; 1 — фитиль; 2 — резервуар; 3 — канал; 4 — петля; 5 — усики; 6 — гайка; 7 — игла; 8 — отверстие

Смазочный насос плунжерного типа (рис. 10.2) установлен в коробке скоростей станка. Возвратно-поступательное движение поршень 2 получает от пружины 5 и шарикоподшипника 1, установленного эксцентрически на одном из валов. При движении поршня вверх масло из резервуара через трубку 8 и обратный клапан 7 засасывается в полость 6. При перемещении поршня вниз масло через обратный клапан 4 поступает в маслопровод 3 и далее — к месту смазывания, затем стекает обратно в резервуар.

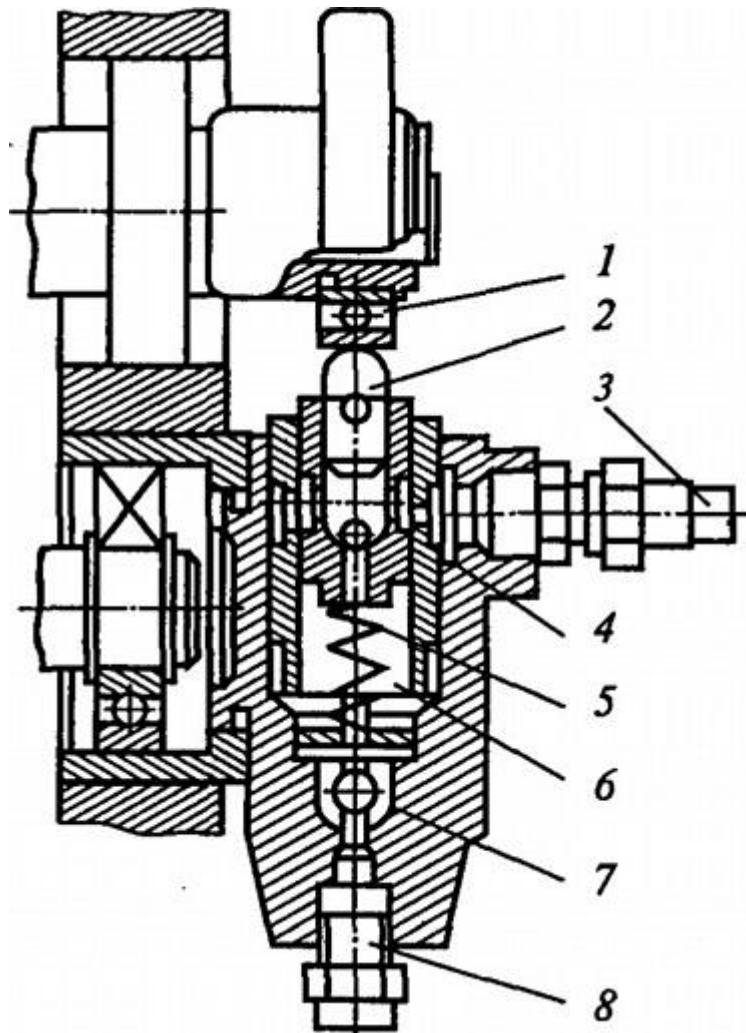


Рисунок 10.2 – Смазочный насос плунжерного типа:

1 — шарикоподшипник; 2 — поршень; 3 — маслопровод; 4 и 7 — обратные клапаны; 5 — пружина; 6 — полость; 8 — трубка

#### *Виды смазывания станков и механизмов*

Кольцевое смазывание является циркуляционным и осуществляется с помощью свободно сидящих на валу колец. Диаметр кольца должен быть значительно больше диаметра вала, причем нижняя его часть погружается в маслянную ванну (емкость для масла), расположенную под подшипником. Вращаясь, вал увлекает за собой кольцо вместе с маслом, которое растекается по всей длине подшипника и стекает обратно в ванну.

Достоинством этого способа является простота обслуживания, заключающегося в периодическом наблюдении за уровнем масла. Кольцевое смазывание, обеспечивающее жидкостное трение в сборочной единице, может быть применено только при горизонтальном расположении вала.

*Картерное смазывание* (рис. 10.3), являясь, как и кольцевое, разновидностью циркуляционной системы со свободной циркуляцией масла, осуществляется путем частичного погружения трущихся деталей в масло или разбрзгивания последнего, находящегося в картере. Во втором случае одна из деталей механизма (шестерня, крылатка), соприкасаясь с маслом, разбрзгивает его на другие детали. Этот способ смазывания эффективен и надежен; он может обеспечить жидкостное трение между трущимися поверхностями и минимальный их износ.

*Смазочные системы* с принудительной циркуляцией масла также обеспечивают хорошее качество смазывания трущихся поверхностей. При циркуляционном смазывании (рис. 10.4) масло из резервуара 5 подается насосом 6 через фильтр тонкой очистки 7 в распределитель 8, откуда смазка под давлением поступает по маслопроводам к трущимся поверхностям подшипников, муфт и зубчатых колес автоматической коробки скоростей токарного станка. После смазывания необходимых поверхностей масло собирается на дне коробки 7, откуда через сливной фильтр 2 возвращается в резервуар 7. Контроль за подачей масла осуществляется по маслоуказателям на распределителе 8, а уровень контролируется по маслоуказателю 4. Масло заливают в резервуар через заправочное отверстие 3.

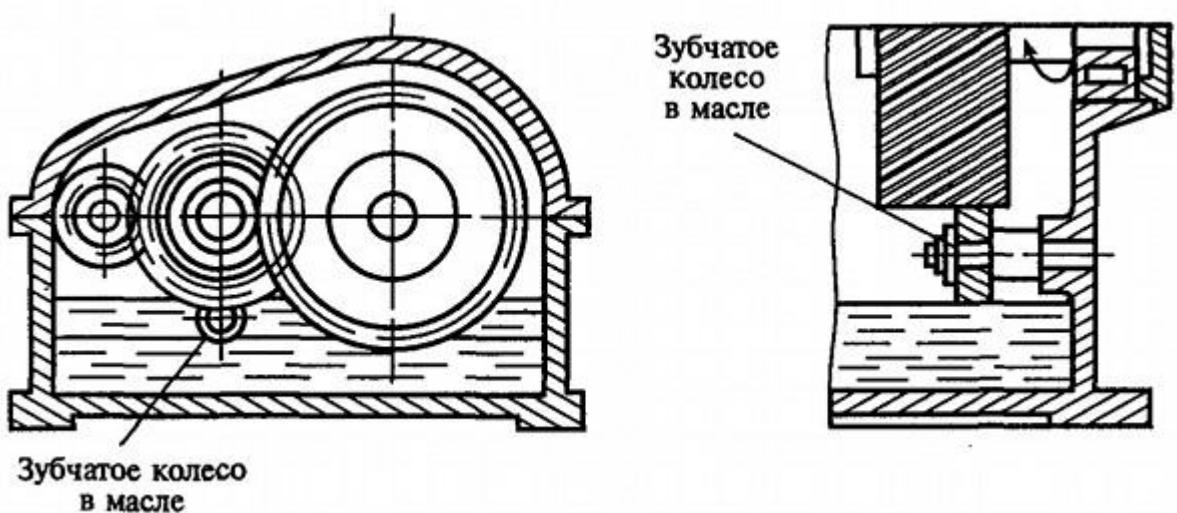


Рисунок 10.3 – Схема картерного смазывания редуктора

Циркуляционные системы смазывания под давлением с успехом применяют для автоматического обслуживания большого количества сборочных единиц трения одного или нескольких агрегатов и механизмов. При обслуживании нескольких агрегатов такие системы называются централизованными.

Смазывание масляным туманом применяют для высокооборотных сборочных единиц с подшипниками качения, комплексов трения шпинделей шлифовальных станков, пневматических инструментов и других механизмов. При этом виде смазывания капли масла впрыскиваются в поток воздуха и распыляются, образуя туман с мельчайшими частицами масла (диаметром 0,003 ... 0,1 мм), которые легко проникают в труднодоступные механизмы, зазоры и полости и образуют масляную пленку на поверхностях трения. При этом способе смазываемые детали эффективно охлаждаются. Масло и воздух, используемые для образования масляного тумана, должны быть тщательно очищены от пыли и посторонних примесей тонкой фильтрацией; воздух должен быть сухим.

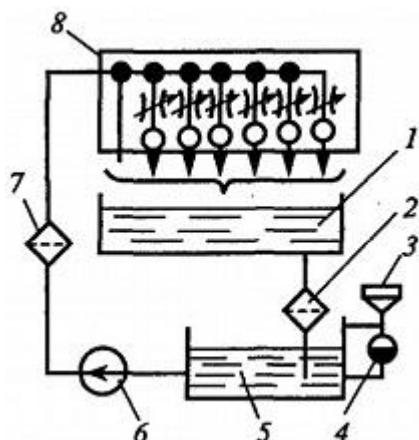


Рисунок 10.4 – Схема циркуляционного смазывания с принудительной циркуляцией масла под давлением: 1 — коробка; 2 — сливной фильтр; 3 — заправочное отверстие; 4 — маслоуказатель; 5 — резервуар; 6 — насос; 7 — фильтр тонкой очистки; 8 — распределитель

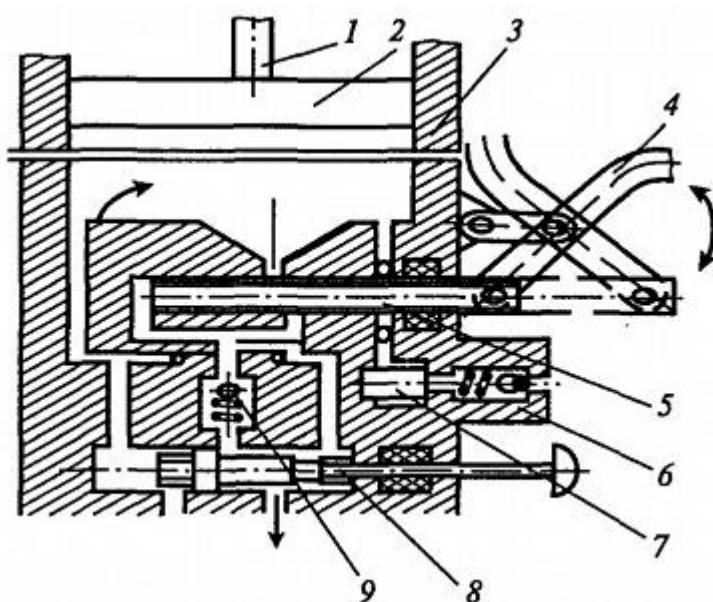


Рисунок 10.5 – Схема ручной централизованной смазочной станции СРГ: 1 — указатель уровня; 2 — поршень; 3 — резервуар смазки; 4 — рычаг; 5 — насос; 7 — сетчатый фильтр; 6, 8 и 9 — заправочный, переключающий и обратный

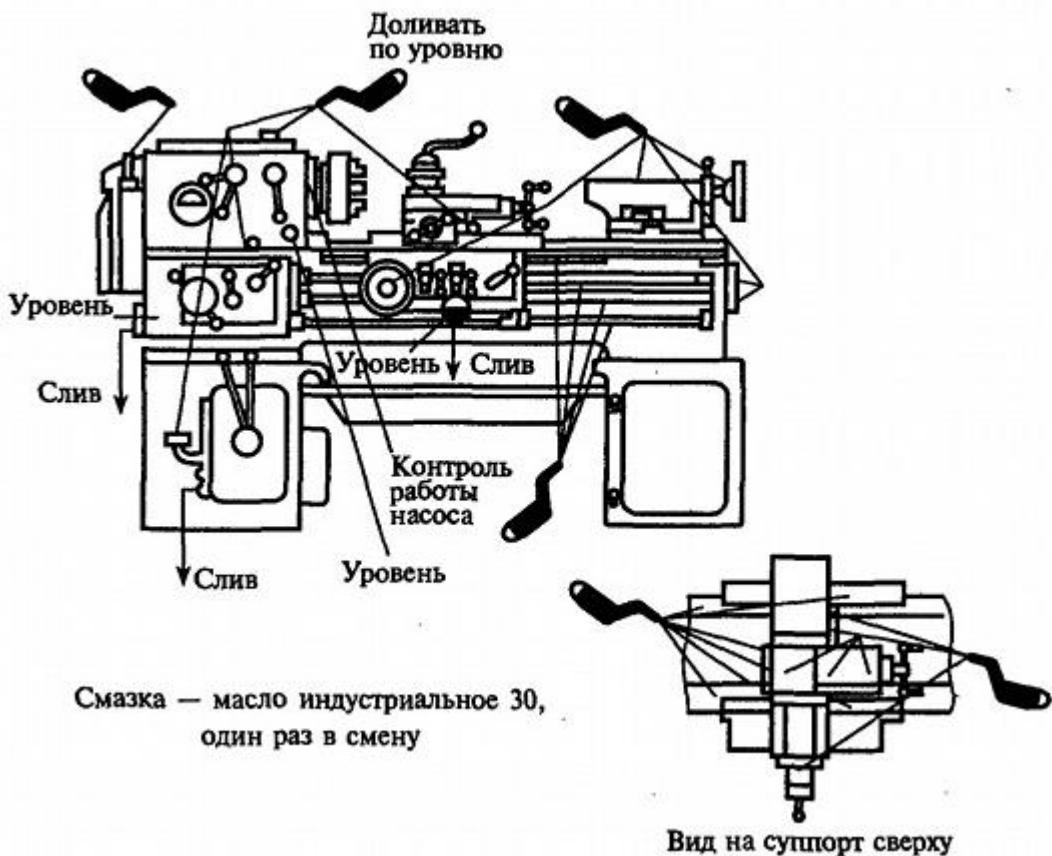


Рисунок 10.6 – Схема смазки токарных станков

#### *Смазочные станции для станков и механизмов*

Ручная централизованная смазочная станция СРГ (рис. 10) имеет контрольно-измерительные приборы и мазепроводы с автоматическими питательными клапанами, через которые поступают порции смазки в комплексы трения. Такие передвижные или стационарные станции могут обслуживать более 50 точек смазывания.

На рис. 10.7, 10.8 приведены схемы смазки токарных и фрезерных станков с указанием точек смазки и периодичности.

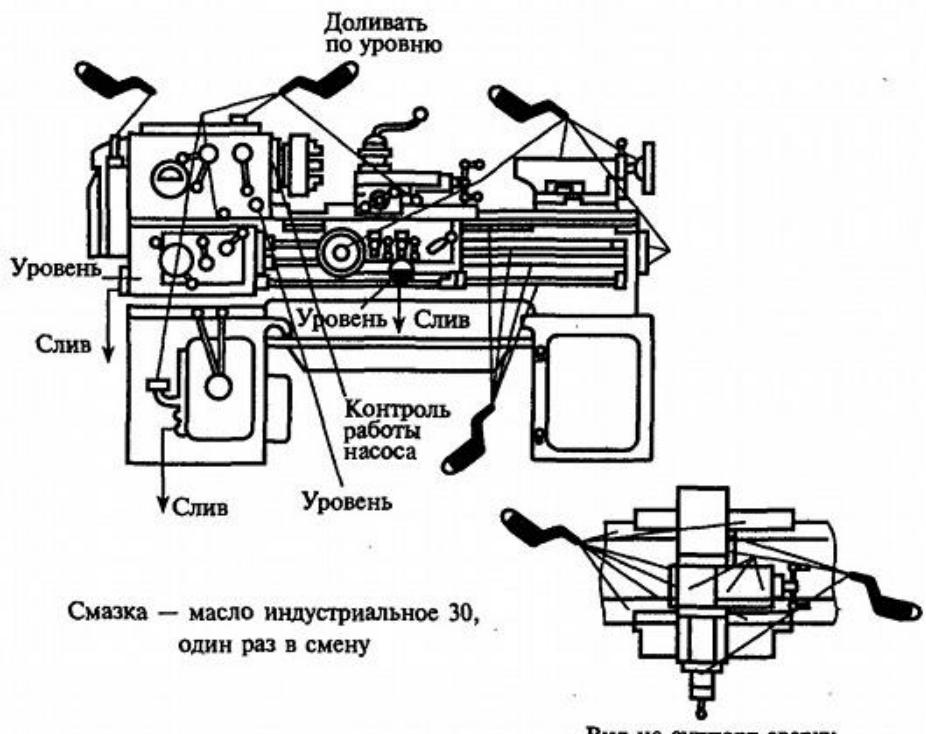


Рисунок 10.7 – Схема смазки фрезерных станков

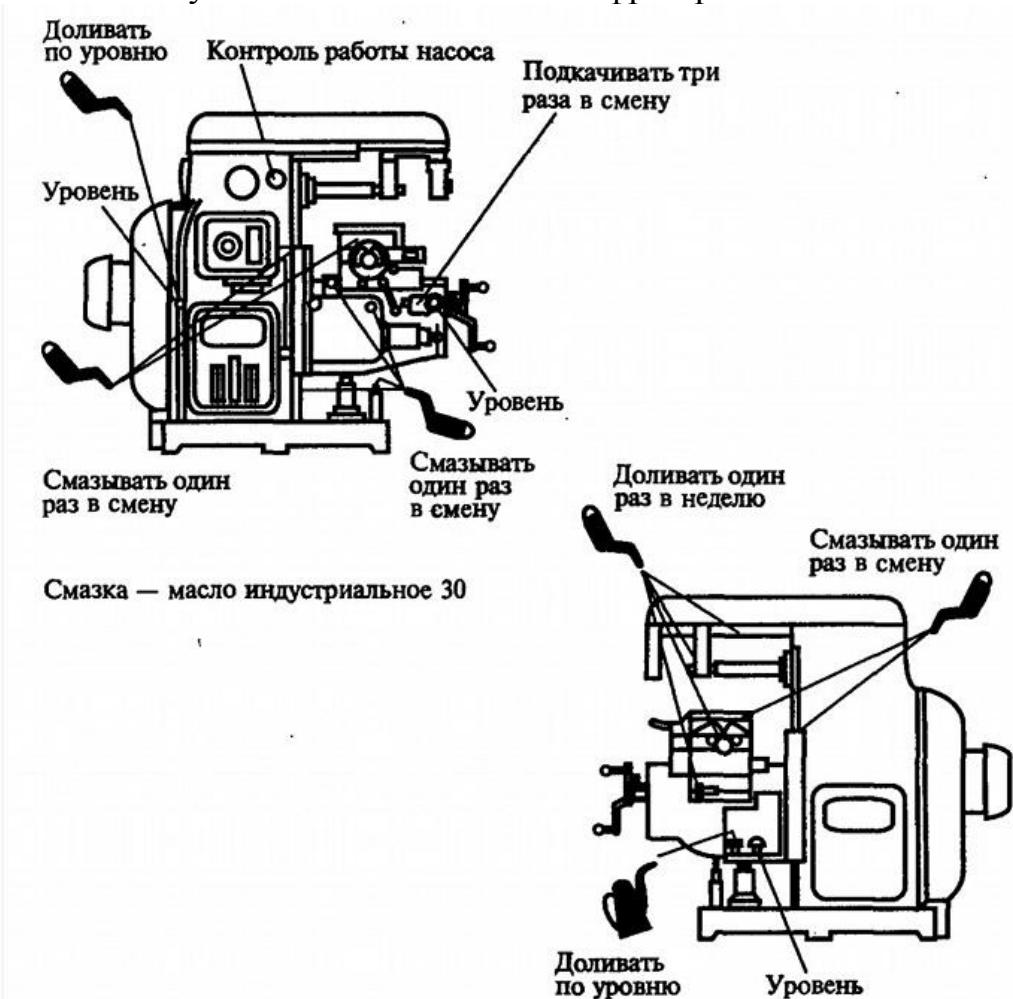


Рисунок 10.7 – Схема смазки фрезерных станков

## **Лекция 11. Диагностирование оборудования. Техническая документация ремонтных работ**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о методах и средствах диагностирования; виды технической документации ремонтных работ; о создании ремонтных чертежей;

**знать:** последовательность разработки диагностических схем; перечень технических документов ремонтных работ; состав комплекта ремонтных чертежей; категорийные и пригоночные размеры;

**уметь:** создавать ремонтные чертежи для различных деталей.

### *Диагностирование промышленного оборудования*

В процессе эксплуатации любого станка в результате износа его частей и сборочных единиц возникают погрешности их взаимного расположения, нарушается предусмотренная конструкцией станка закономерность относительного движения заготовки и инструмента (в металорежущих станках), что, в свою очередь, приводит к погрешностям измерения параметров (размера, формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей) изделий.

Ряд деталей и сопряжений станков, от технического состояния которых зависит качество получаемых изделий, обычно доступны для непосредственного наблюдения и проведения измерений без разборки станка (например, рабочие поверхности станин, столов, консолей, ходовых винтов и др.). В этом случае имеется возможность непосредственной оценки технического состояния изнашиваемых поверхностей деталей и сопряжений и определения сроков их восстановления на основе значений предельно допустимых износов.

Однако многие детали и сопряжения невозможно проконтролировать и измерить без разборки станка. В таких случаях приходится измерять не их параметры, а параметры процессов, происходящих в результате работы деталей станка и их взаимодействия между собой. Иногда для оценки технического состояния отдельных деталей и сопряжений может возникнуть необходимость в искусственном создании процессов, сопутствующих их работе.

### *Последовательность разработки диагностических схем*

Для установления взаимосвязи между техническим состоянием деталей и погрешностью измеряемых параметров обрабатываемых изделий, а также выбора на этой основе метода диагностирования целесообразно разрабатывать диагностические схемы применительно к станкам различных

технологических групп. Кроме того, рекомендуется определенная последовательность разработки таких схем.

На первом этапе для каждой рассматриваемой группы станков устанавливают подлежащие измерению параметры обрабатываемых изделий, определяющие их качество и являющиеся наиболее специфичными при обработке изделий на станках данной технологической группы. Например, для станков токарной группы такими параметрами являются диаметральный размер обрабатываемого изделия, формы его продольного и поперечного сечений, шероховатость и волнистость поверхности (а при нарезании резьбы — ее шаг).

На втором этапе разработки диагностической схемы устанавливают основные, наиболее существенные причины отклонения измеряемых параметров изделий от заданных.

На третьем этапе осуществляют установку сборочных единиц станка, техническое состояние которых вызывает отклонение измеряемого параметра.

На четвертом этапе определяют процессы, сопутствующие работе станка в результате взаимодействия его деталей и сопряжений. Одни из этих процессов возникают во время работы машины без вмешательства извне (например, акустические, являющиеся результатом соударения взаимодействующих деталей и сопряжений, — шум, вибрации и т.д.), другие вызываются искусственным путем.

На пятом этапе, основываясь на уже имеющихся данных, определяют возможность применения либо уже известных методов технического диагностирования определенных деталей или сборочных единиц, либо устанавливают необходимость разработки новых.

Выбор метода диагностирования производится с учетом следующих основных требований:

- требуемая точность диагностирования; простота метода;
- возможность проведения диагностирования непосредственно на предприятии независимо от других организаций; безопасность метода для окружающих;
- возможность приобретения необходимой аппаратуры и оборудования.

Различают два вида прогнозирования технического состояния оборудования:

- статистическое прогнозирование основано на обработке и анализе результатов, полученных в процессе производства и эксплуатации оборудования, которые позволяют установить допустимые значения параметров состояния однотипного оборудования и определить время профилактики и ремонта;

- прогнозирование по реализации осуществляется путем непосредственных измерений параметров, характеризующих состояние оборудования, и последующей обработки результатов для выявления изменения контролируемых параметров.

В табл. 11.1 приведены некоторые примеры диагностических методов и средств измерений, применяемых в различных случаях.

Таблица 11.1 – Диагностические методы и средства измерений

Диагностируемый параметр или причина диагностирования	Диагностические и вспомогательные методы	Диагностические и вспомогательные средства измерений
Концентрация продуктов износа в масле	Анализ масла в емкости	Спектрограф, микрофотометр, прибор для определения металлов в масле

Диагностируемый параметр или причина диагностирования	Диагностические и вспомогательные методы	Диагностические и вспомогательные средства измерений
Чрезмерный нагрев рабочей жидкости гидросистемы, поверхности корпусов агрегатов	Измерение параметров сопутствующих процессов (потерь на трение)	Термометр, термопара, терморезисторы
Люфты каретки суппорта, поперечных и верхних поворотных салазок	Измерение параметров сопряжений	Щуп, индикатор
Снижение частоты вращения шпинделя под нагрузкой	Измерение параметров сопутствующих процессов (проскальзывания ременной передачи)	Тахометр
Несоответствие геометрических размеров изготавляемого изделия ТУ	Установление измеряемых параметров	Микрометр, индикатор и др.

### *Техническая документация ремонтных работ промышленного оборудования*

При выполнении ремонтных работ используется следующая техническая документация: чертежи общих видов сборочных единиц и деталей; кинематические, гидравлические и электрические схемы; схемы смазки; технические условия; расчеты; спецификации; инструкции по эксплуатации; паспорта оборудования; монтажные чертежи. Эта документация комплектуется в альбоме, который составляется для каждой модели имеющегося на предприятии станка и находится в отделе главного механика. Альбомы позволяют вести плановую подготовку к предстоящему ремонту, изготавливать необходимые детали заранее, чтобы сократить простой при проведении ремонтных работ.

Особое внимание уделяется нестандартному и уникальному оборудованию.

Техническая документация размещается в альбоме следующим образом: титульный лист; общий вид оборудования (фотоснимок); содержание; лист замечаний и рекомендаций; кинематическая, гидравлическая, пневматическая и электрическая схемы; схема смазки; спецификация сборочных единиц; спецификация подшипников качения, цепей, ремней и других покупных изделий; чертежи сборочных единиц; монтажные чертежи; рабочие чертежи сменных деталей; ремонтные чертежи деталей.

Вся эксплуатационная и ремонтная документация должна отвечать требованиям ГОСТ 2.609—79 и ГОСТ 26583 — 85.

Примеры бланков документов, заполняемых при сдаче и приемке оборудования из ремонта, приведены в прил. 1... 9.

### *Ремонтные чертежи (ГОСТ 2.604—68)*

В комплект ремонтных чертежей изделия входят: чертежи для ремонта деталей, сборочных единиц, сборки и контроля отремонтированного изделия и вновь изготовленных деталей, габаритные и монтажные чертежи, кинематические, электрические и гидравлические схемы (если в процессе ремонта в них будут введены изменения по сравнению с исходной конструкторской документацией), ведомость спецификаций, ведомость ссылочных документов, чертежи специального инструмента, кинематические и силовые расчеты отремонтированных деталей и инструкции по их ремонту и пр.

На ремонтных чертежах указываются только ремонтные размеры — те, которые должны быть выполнены в процессе ремонта и сборки изделия.

Ремонтные размеры делятся на категорийные и пригоночные. Категорийными называются окончательные размеры детали, установленные для определенной категории ремонта. Пригоночными называются ремонтные размеры, установленные с учетом припуска на пригонку «по месту».

На ремонтных чертежах обычно указывают цифровые предельные отклонения. При наличии на чертежах условных обозначений предельных отклонений их числовые значения помещают в скобках рядом с ними.

Поверхности, подлежащие ремонту, следует обводить на чертежах сплошной линией толщиной от 2S' до 3S по ГОСТ 2.303 — 68 (где S — толщина основной линии на эскизе), а остальные части эскиза — сплошной тонкой линией.

Если при ремонте изношенная часть заменяется новой, то на эскизе подготовки детали к ремонту удаляемая часть изображается штрихпунктирной тонкой линией. Заготовка для новой части детали вычерчивается на отдельном ремонтном чертеже.

На ремонтном чертеже детали, для которой установлены пригоночные размеры, при необходимости указывают установочные базы для пригонки детали «по месту» (рис. 11.1, а).

Ремонтные размеры, а также размеры детали, определяемые при ремонте снятием минимально необходимого слоя материала, проставляют буквенными обозначениями, а их числовые величины и другие данные указывают на линиях-выносках (рис. 11.1,6) или в таблице (рис. 11.1, в), которую помещают в правом углу чертежа.

Технические требования, относящиеся к элементу детали или сборочной единице, располагают на ремонтном чертеже, как правило, рядом с соответствующим элементом или участком детали или сборочной единицы.

На ремонтном чертеже допускается указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали с пояснительным текстом. На каждый вариант ремонта детали и сборочной единицы выполняется отдельный чертеж.

Если при ремонте детали вводятся дополнительные детали (втулка, стопорный винт и т.п.), то ремонтный чертеж выполняется как сборочный.

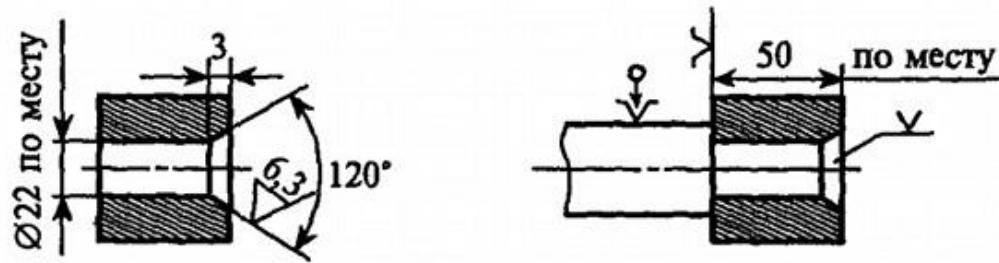
На ремонтных чертежах в графе «материал» основной надписи указывается материал в соответствии с основным (конструкторским) чертежом.

Предельные отклонения размеров, соответствующие 14, 15, 16 и 17 квалитетам, проставляют на ремонтных чертежах с округлением до десятых долей миллиметра.

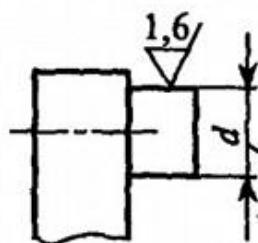
Если при ремонте применяют сварку, пайку и т.п., то на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размеры материала, используемого при ремонте, а также номер стандарта на этот материал.

При наличии на ремонтном чертеже одной детали исчерпывающего указания об изготовлении другой (сопряженной) детали в соответствии с основной конструкторской документацией и если эта документация включена в комплект документов для ремонта изделия, отдельный ремонтный чертеж на сопряженную деталь не выпускают.

При разработке ремонтных чертежей составляют спецификацию Р (ремонтная), которая содержит полный перечень деталей и сборочных единиц ремонтируемого станка. Она выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.108—68. Допускается спецификацию Р составлять на поле чертежа.



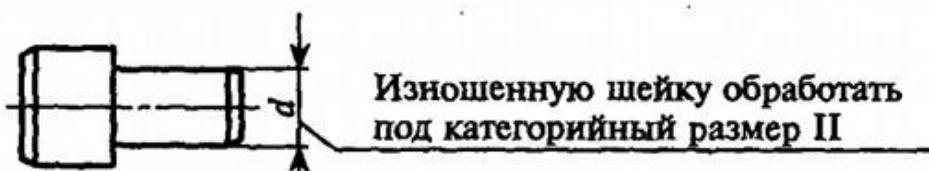
*a*



Овальность вывести снятием минимально необходимого слоя металла. Уменьшение диаметра  $d$  (размер по основному чертежу  $18_{-0,018}^{+0,01}$ ) допускается до 16,5 мм

*б*

Условное обозначение размера	Размер по рабочему чертежу, мм	Категория ремонтного размера		
		I	II	III
$d$	18 $-0,01$	17,8 $-0,01$	17,6 $-0,01$	17,4 $-0,01$



*в*

Рисунок 11.1 – Примеры изображений деталей на ремонтных чертежах

## **Лекция 12. Подготовка оборудования к ремонту. Разборка станка**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о последовательности действий при подготовке оборудования к ремонту; об основных правилах и последовательности действий при разборке станка;

**знать:** последовательность действий при подготовке оборудования к ремонту; порядок разборки металлорежущих станков;

**уметь:** составлять порядок разборки металлорежущих станков.

### *Подготовка оборудования к ремонту промышленного оборудования*

**Проверка оборудования.** При ремонте машины, станка, пресса, т. е. любого механизма (и тем более системы механизмов), необходимо придерживаться определенного порядка действий для наиболее четкой организации и наилучшего проведения ремонтных работ. Последовательность этих действий такова:

1. Определение неисправностей механизма.
2. Установление последовательности его разборки.
3. Разборка механизма на сборочные единицы и детали, их промывка.
4. Определение характера и величины износа деталей, их дефектов.
5. Ремонт деталей.
6. Сборка механизмов с подгонкой деталей.
7. Проверка и регулирование собранного механизма.

За подготовку оборудования для передачи в ремонт несет ответственность начальник производственного цеха или начальники участков (старшие мастера). Перед ремонтом оборудование должно быть очищено от стружки, грязи, пыли и смазочно-охлаждающей жидкости.

Передача оборудования в капитальный ремонт оформляется специальным актом, составленным инспектором отдела главного механика совместно с механиком производственного цеха. В акт заносят результаты внешнего осмотра и испытаний на ходу, а также замечания работающего на машине специалиста (станочника, оператора, наладчика). Внешним осмотром устанавливают комплектность всех механизмов агрегата, выявляют неисправности, а также задиры, забоины, вмятины, трещины, изломы, изгибы и другие дефекты деталей, видимые без разборки механизмов; кроме того, оценивают состояние смазочных и защитных устройств.

Путем опроса работающего на машине рабочего устанавливают, какие недостатки свойственны ей при разных режимах работы, каково состояние механизмов и отдельных деталей.

Дефекты выявляются при проверке оборудования на точность и анализе записей механика и дежурных слесарей в журнале. Станок очищается от стружки, грязи, пыли и смазывающе-охлаждающей

жидкости. Площадка около станка освобождается от деталей и вспомогательных материалов.

Перед разборкой станок отключается от электрической сети, снимаются ремни, разъединяется полумуфта вала двигателя, из резервуаров сливается масло и смазывающе-охлаждающая жидкость, вывешивается табличка «Не включать — ремонт».

До начала ремонта подготавливаются необходимые инструменты, приспособления и сменные детали.

**Составление графика ремонта.** В ремонте к моменту сборки отдельные детали могут быть изготовлены или отремонтированы не полностью (в отличие от сборки нового станка). Это усложняет процесс ремонта, поэтому он должен быть правильно организован и проводиться по графику, составленному заранее. Основой для составления графика является типовая технология ремонта, укрупненные нормы на выполнение работ, а также продолжительность ремонта, которая должна соответствовать сроку, назначенному по плану. Кроме того, необходимо учитывать состав и квалификацию членов бригады. Длительность каждой операции на графике отмечается горизонтальной, а начало и конец — вертикальными линиями. График дает возможность наглядно видеть ход выполнения ремонтных операций на каждый день.

## **Разборка промышленного станка при ремонте**

Обычно станок разбирают на специальном участке ремонтно-механического цеха на сборочные единицы, а затем на детали. Необходимость разборки той или иной сборочной единицы или станка в целом и место разборки определяются видом ремонта и задачами, стоящими перед ремонтниками в каждом отдельном случае.

## **Основные правила разборки станка**

1. Следует помнить, что разборка механизма ведет к нарушению плотности соединений. Поэтому разбирается только та сборочная единица, которая подлежит ремонту. Полная разборка станка производится только при капитальном ремонте.

2. Перед разборкой станка необходимо ознакомиться с техническим паспортом, кинематической и гидравлической схемами, чертежами основных частей, составить схему-график разборки-сборки.

3. При отсутствии кинематической и гидравлической схем их нужно составить в процессе разборки ремонтируемой сборочной единицы.

4. Произвести дефектацию деталей и составить дефектную ведомость.

5. Разборку станка и сборочных единиц начинать со снятия предохранительных щитков, кожухов и крышек, чтобы обеспечить доступ к разбираемым сборочным единицам.

6. Разборку станка производить инструментами и приспособлениями, исключающими повреждение годных деталей.

7. Для снятия с валов шкивов, зубчатых колес, муфт, подшипников и аналогичных деталей пользуются прессами, съемниками или винтовыми приспособлениями (рис. 12.1, 12.2).

8. При применении молотков ударять по деталям следует через подставки или выколотки из дерева или мягкого металла.

9. Для облегчения съема детали можно подогревать охватывающую деталь нагретым маслом.

Для облегчения снятия подшипника, напрессованного со значительным натягом, на него поливают нагретое минеральное масло (100... 180 °C), которое должно попадать на подшипник, а не на вал.

10. При разборке деталей нельзя допускать их перекосов, заклинивания и повреждений.

11. Нельзя прилагать больших усилий к трудноснимаемым деталям: необходимо выяснить причину заедания и устраниить ее. мыслю

12. Разборка длинных валов производится с применением нескольких опор.

13. Детали каждого разбираемого узла необходимо укладывать в отдельные ящики и маркировать. Для выдерживания взаимного расположения деталей метки ставят так, чтобы зафиксировать нужное положение. В гидравлических и пневматических механизмах должны маркироваться все трубопроводы и места их подсоединения.

14. Детали отдельных узлов следует пометить на нерабочих поверхностях клеймами, краской или электрографом.

15. Ящики с деталями обязательно закрывают крышками.

16. Крупные детали укладывают на подставки около ремонтируемого станка.

17. При отворачивании гаек и винтов применяют ключи соответствующей формы и размера во избежание повреждения граней резьбовых деталей. Отвертки для вывинчивания винтов должны соответствовать размеру шлица и головки винта. Шпильки должны выворачиваться специальными шпильковертами.

18. При разборке резьбовых соединений нельзя пользоваться насадками на ключ.

19. Если резьбовое соединение покрыто ржавчиной или не поддается разборке, необходимо залить его на 8... 10 ч керосином и начать разборку после растворения керосином окислов железа.

20. При частичной разборке узла рекомендуется после снятия соответствующих деталей заворачивать крепежные детали в их отверстия.

21. При разборке резьбовых соединений целесообразно применять механизированные инструменты (электрические и пневматические гайковерты, шпильковерты, механические отвертки).

22. Остаток сломанной шпильки или винта можно удалить одним из способов, приведенных в табл. 8.

23. Шплинты удаляются шплинтодерами или срубаются зубилом, а остатки убираются плоскогубцами или бородками.

24. Штифты в сквозных отверстиях удаляются бородками. Резьбовые штифты в глухих отверстиях удаляются навертыванием на резьбу гайки.

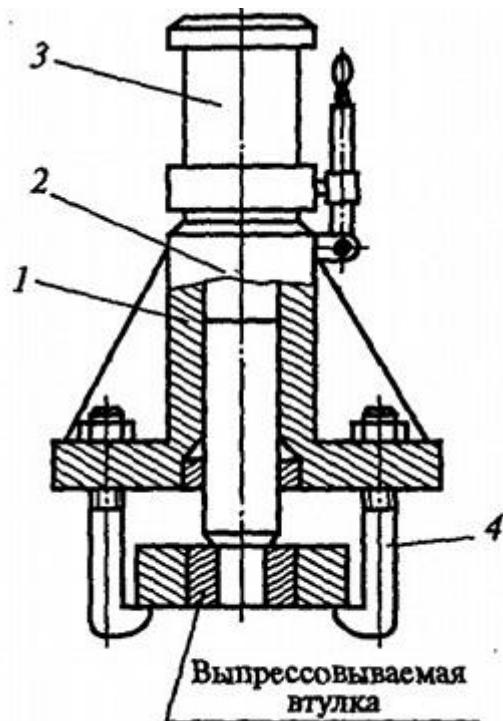


Рисунок 12.1 – Гидравлический съемник: 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – плунжерный насос; 4 – захват

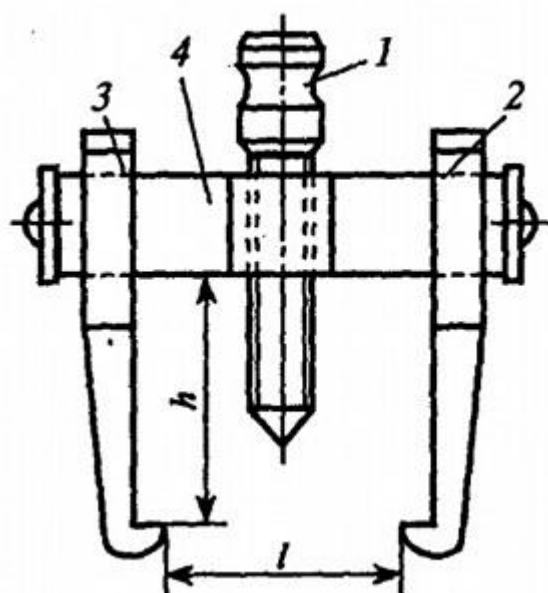
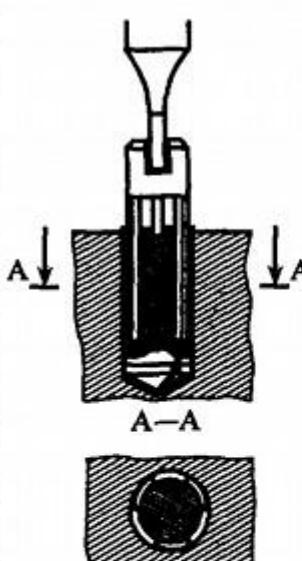


Рисунок 12.2 – Съемник с двумя захватами: 1 – винт; 2 и 3 – захваты; 4 – коромысло

Таблица 12.1 – Способы удаления шпилек и винтов

Способы удаления	Применение
Гайкой и контргайкой	Применяется при условии, если нарезанная часть шпильки выступает над плоскостью детали. На нее навертывают гайку и контргайку и вращают гайку
Прорезанием шлица под отвертку	Применяется при условии, если стержень выступает на небольшую длину, прорезают ножковкой шлиц и отверткой выворачивают сломанную часть
Высверливанием	Сломанная часть высверливается сверлами меньшего диаметра, чтобы не повредить резьбу
Вывертыванием сломанных метчиков трехштырьковой вилкой	<p>Трехштырьковая вилка со шлицем устанавливается в канавки сломанного метчика.</p> <p>Отвертка вставляется в шлиц вилки и осторожно, с раскачиванием, выворачивается осколок сломанного метчика.</p> <p>Перед вывертыванием сломанного метчика из детали в отверстие заливают керосин, чтобы смягчить вывертывание</p> 
Электроискровым методом	Применяется для закаленных деталей. Электрод — латунная трубка диаметром 1 ... 2 мм меньше диаметра резьбы винта или шпильки

## Разборка узла шпинделя промышленного станка

Немного отвинтив стопорный винт 14 (рис. 12.3), ключом свинчивают гайку с конца шпинделя 2, снимают кольца 12, 11 и уплотнение 15. Далее вывертывают стопорный винт 7, легкими ударами молотка через выколотку из мягкого металла смещают зубчатое колесо в левую сторону и удаляют шпонку 20. Затем, вручную перемещая зубчатый венец 22 с деталями 23 и 24 влево, немного вывертывают стопорный винт 25, свинчивают ключом гайку, открепляют и снимают фланец 1 и извлекают шпиндель 2 из корпуса 26.

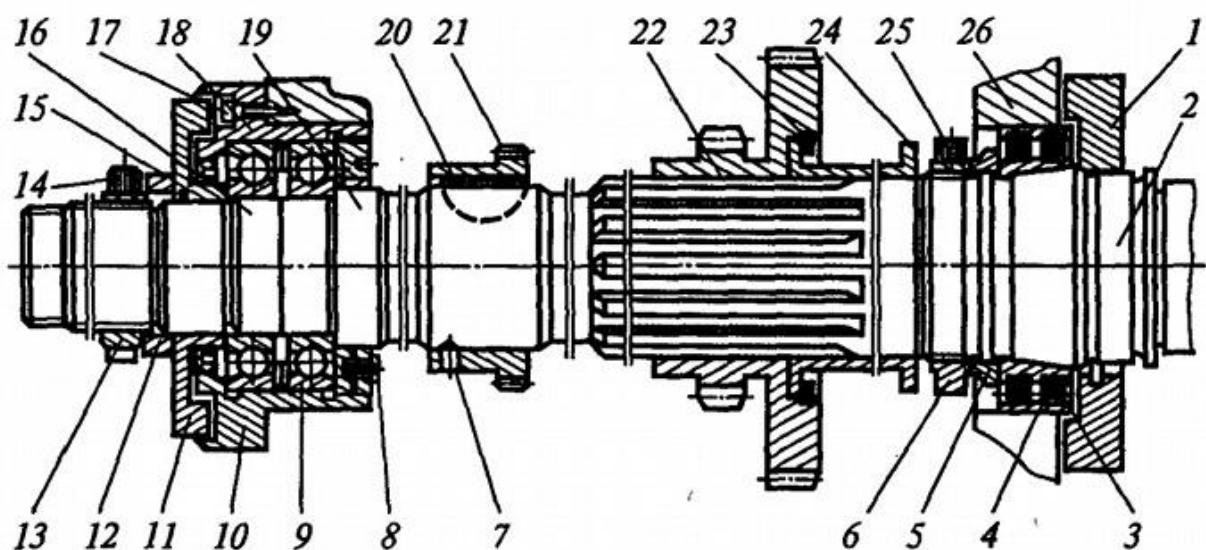


Рисунок 12.3 – Шпиндельный узел токарно-винторезного станка:  
1 – фланец; 2 – шпиндель; 3, 5, 10 - 12 – кольца; 4 – роликоподшипник; 6, 13  
и 19 – гайки; 7, 14 и 25 – стопорные винты; 8 и 17 – винты; 9 и 16 –  
подшипники; /5 – уплотнение; 18 – стакан; 20 – шпонка; 21 и 22 – зубчатые  
колеса; 23 – стопорные пружинные кольца; 24 – поводок блока шестерен;  
26 – корпус

## Разборка подшипников промышленного станка

Подшипники, расположенные недалеко от торца вала, снимают с помощью специальной скобы (рис. 12.4, а), состоящей из трех кривошипных захватов 1 (на рисунке видны два из них), винта 3 и гайки 2 с крестовиной. Вращая гайку, сдвигают захваты так, чтобы охватить ими деталь; при этом винт 3 упирается концом в центральное углубление на торце вала, с которого снимается деталь. При вращении рукоятки гайка с захватами стягивает деталь с вала.

Приспособление для демонтажа наружных колец конических роликоподшипников (рис. 12.4, б) состоит из винта 4, гайки 5 и захватов 8. Для выпрессовки подшипников из корпуса вводят в обойму подшипника винт 4 и рукояткой 9 начинают вращать его до упора в плиту 6. Плита, в свою очередь, упирается в корпус своими тремя регулируемыми штырями 7 и вытягивает подшипник. Этим приспособлением выпрессовывают наружные кольца подшипников диаметром 62... 120 мм.

Подшипники качения с внутренним диаметром 25 мм и более можно выпрессовывать из корпуса приспособлением, показанным на рис. 12.4, в. Винт 11 приспособления свободно проходит в отверстие диска 12 со штырями 13. На одном конце винта находятся гайка 14 и сменная упорная шайба 15, на другом — гайка с рукояткой 10. Чтобы вынуть подшипник из корпуса, необходимо сначала снять гайку 14 и шайбу 15, пропустить винт 11 через подшипник, затем подвести к корпусу демонтируемой сборочной единицы штыри 13, надеть на конец винта сменную шайбу 15 и навинтить гайку 14 так, чтобы шайба упиралась в подшипник. После этого гайку рукоятками 10 навинчивают до упора в диск 12 и выпрессовывают подшипник.

При демонтаже описанные приспособления предохраняют подшипники и их посадочные места от повреждений. Этими же приспособлениями пользуются при разборке и сборке других деталей и сборочных единиц, например шкивов, маховиков, зубчатых колес. Разборка точных подшипниковых узлов должна выполняться так, чтобы усилия выпрессовки не передавались через тела качения.

Для демонтажа внутреннего кольца 3 роликоподшипника (см. рис. 12.2) серии 3182100 в современных шпиндельных узлах предусматривается специальная система гидоразжима (рис. 12.5, д, б). Это связано с тем, что при запрессовке и выпрессовке внутренних колец осевое усилие достигает 20...40 кН даже при небольших диаметрах шпинделя (до 100 мм), а гидоразжим уменьшает необходимое для демонтажа усилие в десятки раз. Работает система следующим образом: заполненный жидким маслом насос, состоящий из цилиндра 4 (с наружной резьбой, контактирующей с внутренней резьбой гильзы 5), плунжера 3 и рычага 6, соединяют со шпинделем 2 через специальное резьбовое отверстие. При вращении гильзы плунжер нажимает на масло, которое через канал под большим давлением поступает в кольцевую канавку под конической поверхностью подшипника 1 и разжимает внутреннее кольцо подшипника, облегчая его демонтаж.

Разборку длинных валов производят с применением нескольких опор. Детали каждого разбираемого механизма необходимо укладывать в

отдельные ящики, а крупные — на подставки около ремонтируемого станка. Не рекомендуется класть детали одна на другую; особенно осторожно следует обращаться с деталями, имеющими хорошо отделанные поверхности. Болты, шайбы и другие крепежные детали при полной разборке сборочной единицы укладывают в специальный ящик; при частичной разборке их целесообразно вставлять обратно в предназначенные для них отверстия. Ящики с деталями обязательно следует закрывать крышками.

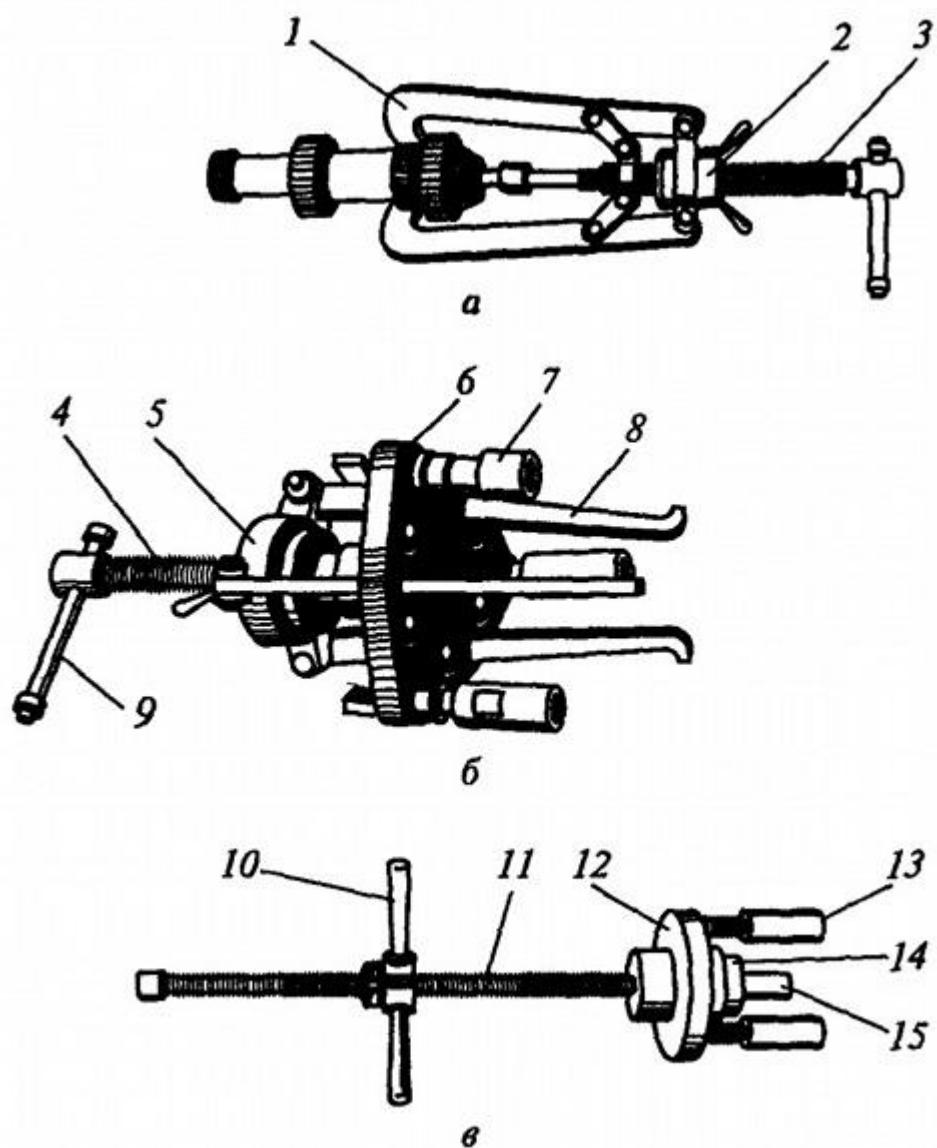


Рисунок 12.4 – Приспособления, применяемые при разборке подшипников: а – для снятия шарикоподшипников с вала; б – для демонтажа Наружных колец конических роликоподшипников; в – для выпрессовки подшипников качения; 1 и 8 – захваты; 2, 5 и 14 – гайки; 3, 4 и 11 – винты; 6 – плита; 7 и 13 – штыри; 9 и 10 – рукоятки; 12 – диск; 15 – шайба

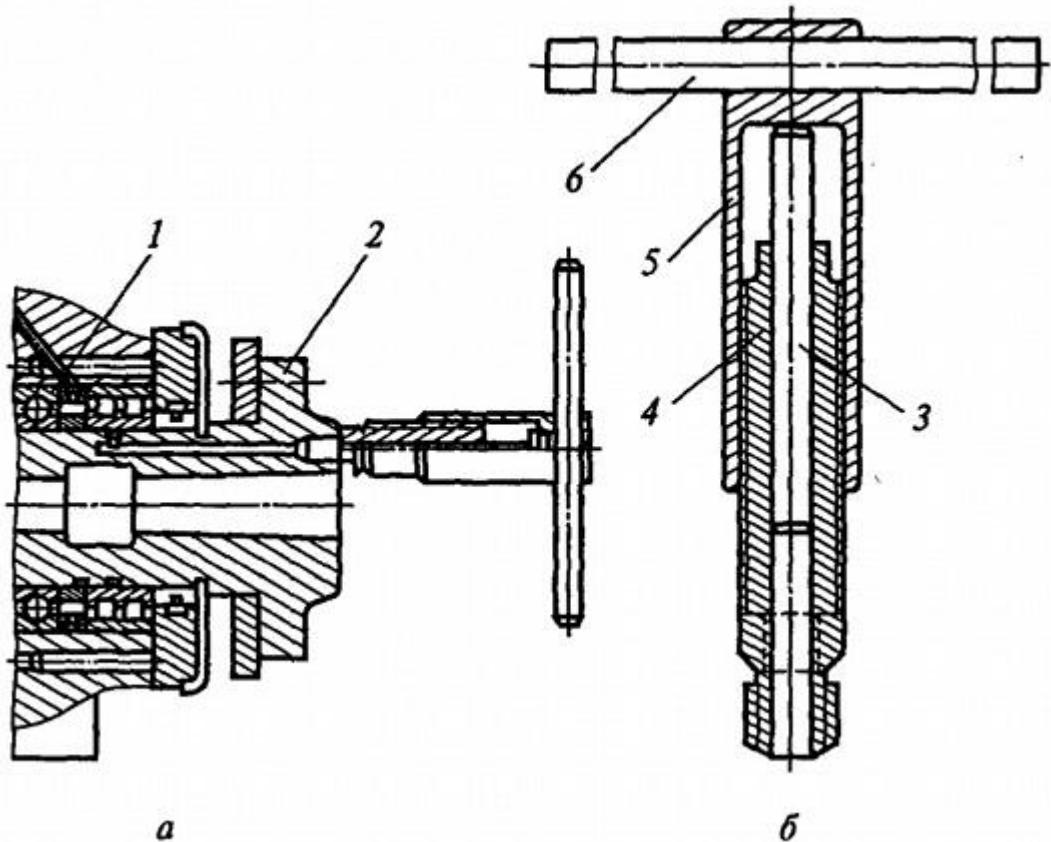


Рисунок 12.5 – Система гидроразжима внутренних колец подшипников: а — шпиндельный узел с приспособлением для разжима; б — плунжерный ручной насос; 1 — подшипник; 2 — шпиндель; 3 — плунжер; 4 — цилиндр; 5 — гильза; 6 — рычаг

## **Лекция 13. Очистка, промывка деталей. Дефектация деталей**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о способах очистки, промывки и дефектации деталей;

**знать:** способы очистки, промывки и дефектаций деталей; цель дефектации.

**уметь:** производить дефектацию деталей.

### **Очистка и промывка деталей промышленного станка**

После разборки станка детали и сборочные единицы должны быть тщательно очищены и промыты от пленок окислов, масла и грязи, так как это облегчает выявление в них дефектов и улучшает санитарные условия ремонта. Очистку и промывку необходимо проводить также при подготовке деталей к восстановлению или окраске.

Очистка деталей. Очистка деталей ремонтируемого оборудования производится термическим (огневым), механическим, абразивным, химическим и ультразвуковым способами.

Термический способ заключается в очистке деталей (удалении ржавчины и старой краски) пламенем (паяльной лампой или газовой горелкой).

При механическом способе очистки старая краска, ржавчина и отвердевшие наслоения масла снимаются с деталей щетками, механизированными шарошками, различными ручными машинками и другими переносными приспособлениями.

При абразивном способе очистка осуществляется в основном гидропескоструйными установками.

При химическом способе старую краску, смазку, наслоения масел и другие загрязнения удаляют специальной пастой или растворами, состоящими из негашеной извести, мела, каустической соды, мазута и других компонентов.

Хорошо зарекомендовал себя ультразвуковой способ очистки деталей в жидким растворе. Его сущность заключается в том, что раствор в зоне ультразвуковых колебаний начинает вибрировать с частотой источника этих колебаний. Создается интенсивное вихревое бурление жидкого раствора, в результате чего все частицы, находящиеся на поверхности детали, мгновенно смываются. Форма поверхности очищаемой детали может быть любой. Качество и скорость очистки в значительной степени зависят от состава рабочей жидкости. Растворы, химически действующие на частицы поверхности детали, ускоряют и улучшают процесс очистки. Например, растворы трихлорэтилена и других хлорсодержащих углеводородов отлично очищают детали от жира и масла. При ультразвуковом обезжикивании стальных деталей наилучший результат дает применение раствора,

содержащего 30 г тринат-рийфосфата и 3 г моющего средства ОП-7 или ОП-Ю на 1 л воды. Оптимальная температура раствора для очистки 50... 70 °С. Очистку проводят в специальных ваннах или агрегатах, в конструкциях которых учтены условия наиболье эффективного действия ультразвуковых колебаний в моющей жидкости.

**Промывка деталей.** Промывку деталей производят щелочными растворами и органическими растворителями. Сначала детали промывают в горячем растворе, затем — в чистой горячей воде; после этого их тщательно высушивают сжатым воздухом и салфетками.

В щелочных растворах не следует промывать детали с элементами из цветных металлов, пластмассы, резины, тканей; детали с полироваными и шлифованными поверхностями рекомендуется промывать отдельно. Применяют два способа промывки — ручной и механизированный.

Ручную промывку осуществляют в двух ваннах, заполненных керосином, бензином, дизельным топливом и другими растворителями. Первая ванна предназначена для замачивания и предварительной промывки, во второй детали промывают окончательно. Мойку ведут с применением щеток, крючков, скребков, обтирочного материала и т. п.

Механизированная промывка деталей производится в стационарных и передвижных моечных установках под действием сильных струй, образующихся в результате подачи жидкости насосом под определенным давлением. Стационарная моечная машина (рис. 13.1) имеет бак 1 вместимостью 2,5 м<sup>3</sup>, в котором находится моющая жидкость — 3... 5 %-ный раствор кальцинированной соды или 0,5 %-ный водный раствор мыла. Уровень жидкости контролируют с помощью поплавкового указателя (на рисунке не показан).

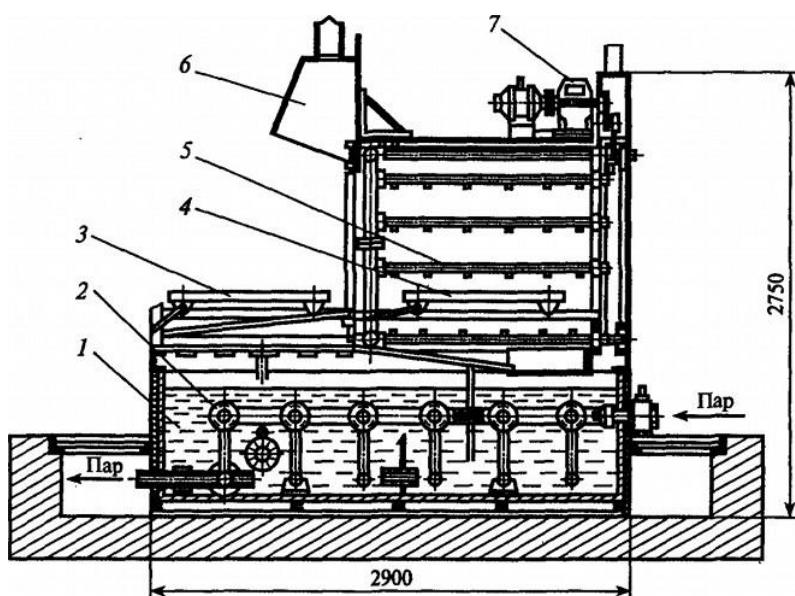


Рисунок 13.1 – Стационарная моечная машина:

1 — бак; 2 — змеевик; 3 — тележка; 4 — камера промывки; 5 — гидранты; 6 — зоны, подключенные к системе вентиляции; 7 — устройство, сообщающее колебательные движения гидрантам и соплам

Благодаря наличию парового змеевика 2 жидкость подогревается до 80 С. Температуру жидкости контролируют с помощью манометрического термометра. Массовый расход пара для нагрева жидкости составляет ориентировочно 150 кг/с. Для загрузки деталей, укладываляемых в специальный ящик, служит тележка 3, которую по направляющим вкатывают в камеру промывки 4, расположенную в верхней части моечной машины. После этого камеру закрывают и включают электродвигатель насосной установки.

Жидкость, засасываемая из бака, через фильтр подается центробежным насосом к гидрантам 5 моечной камеры, охватывая со всех сторон внутреннее пространство. Гидранты расположены по кольцу относительно тележки и имеют сопла, через которые жидкость обмывает детали сверху, снизу и с боков. Каждое сопло может быть отрегулировано для подачи жидкости в желаемом направлении. Кроме того, гидранты с соплами могут получать колебательное движение от привода устройства 7, состоящего из электродвигателя, редуктора и кривошипного механизма. Моющая жидкость имеет замкнутый цикл движения, поэтому по мере загрязнения бака следует очищать его от отстоя, для чего предусмотрены два люка (на рисунке не показаны). Слив жидкости производится с помощью специального вентиля. Для улавливания паров при работе машины и выгрузке деталей служат зоны 6, подключенные к системе естественной вентиляции.

Передвижная моечная машина (рис. 13.2) состоит из тележки 6 с закрепленной на ней ванной 9, в нижней части которой установлена сетка 8. Для промывки мелких деталей к боковой стенке ванны прикреплена полка 10. Ванна закрывается крышкой 11. К наклонным плоскостям днища ванны приварен патрубок 7, по которому загрязненная жидкость сливается в бачок 4, имеющий перегородки 5, образующие в бачке отстойники. В бачок вмонтирован электронасос 3, который нагнетает по трубе 2 и бензостойкому шлангу 1 жидкость для промывки деталей.

При очистке и мойке деталей следует соблюдать меры безопасности. Помещение, где производится промывка, должно иметь приточную вытяжную вентиляцию. В целях предохранения от токсичности моющих средств необходимо использовать защитные пасты для рук, очки, резиновые перчатки, фартуки и сапоги. При использовании горючих моющих средств не допускается применение в помещении электроинструмента и открытого пламени.

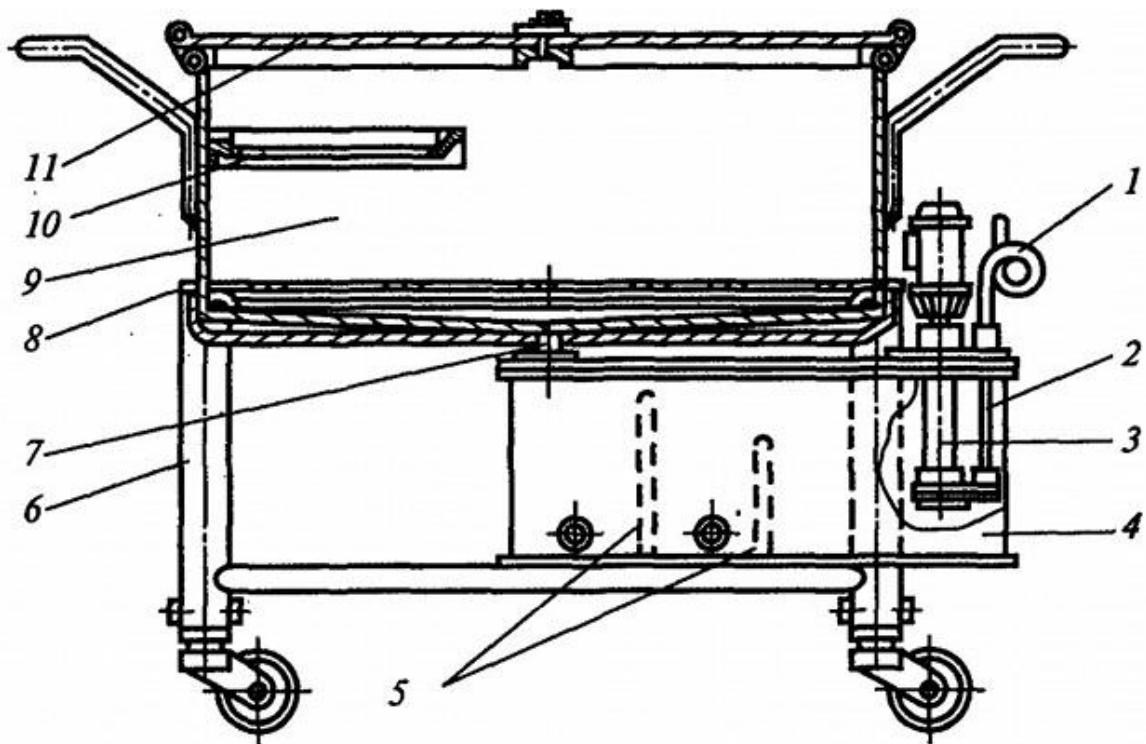


Рисунок 13.2 – Передвижная моечная машина: 1 — шланг; 2 — труба; 3 — электронасос; 4 — бачок; 5—перегородки; 6 — тележка; 7 — патрубок; 8 — сетка; 9 — ванна; 10 — полка; 11 — крышка

### Дефектация деталей промышленных станков при ремонте

Во время дефектации, выполняемой в целях оценки технического состояния детали, узла и машины в целом, выявляют дефекты и определяют возможности дальнейшего использования деталей, необходимость их ремонта или замены. При дефектации устанавливают: износы рабочих поверхностей, т. е. изменение размеров и геометрической формы деталей; наличие выкрашиваний, трещин, сколов, пробоин, царапин, задиров и т.п.; остаточные деформации в виде изгиба, перекоса; изменение физико-механических свойств в результате воздействия температуры, влаги и др. Дефектацию промытых и просушенных деталей производят после их комплектации по сборочным единицам, которую нужно выполнять аккуратно и внимательно. Каждую деталь сначала осматривают, затем соответствующим поверочным и измерительным инструментом контролируют ее форму и размеры. В отдельных случаях проверяют взаимодействие данной детали с другими, сопряженными с ней, с целью установить, что целесообразнее — ее ремонт или замена новой.

Цель дефектации — выявить дефекты деталей и установить возможность ремонта или необходимость их замены. В процессе дефектации детали сортируются на три группы: годные, ремонтопригодные и негодные. К годным относят детали, у которых износ рабочих поверхностей находится в пределах допуска. У ремонтопригодных деталей износ может быть выше

пределных допусков, но ремонт их экономически целесообразен. Негодные детали подлежат замене. Рекомендуется годные детали помечать белой краской, требующие ремонта — зеленой, а негодные — красной.

При дефектации составляется дефектная ведомость. Способы дефектации приведены в табл. 13.1.

Таблица 13.1 – Способы дефектации деталей

<b>Способы дефектации</b>	<b>Характеристика и применение</b>
Наружный осмотр	При наружном осмотре обнаруживается наличие поверхностных дефектов, трещин, забоин, раковин, изгибов, значительных износов, поломок
Остукивание	Деталь остукивается мягким молотком, рукояткой молотка. Способ позволяет обнаружить внутренние трещины, о чем свидетельствует дребезжащий звук
Гидравлическое (пневматическое) испытание	Применяется для обнаружения трещин или раковин в корпусных деталях. В детали заглушаются все отверстия, за исключением одного, через внутреннюю полость которого нагнетается жидкость при давлении 0,2...0,3 МПа. При наличии трещины или раковины наблюдается вытекание жидкости или запотевание стенок. Можно погружать деталь в воду и во внутреннюю полость нагнетать воздух, наличие пузырьков указает на имеющуюся неплотность
Измерение	Позволяет определить величину износа, отклонения элементов детали от правильной геометрической формы (овальность, конусообразность, неплоскость) и нарушения взаимного расположения поверхностей (отклонения от перпендикулярности, параллельности, соосности и т.д.). Выполняются измерения с помощью различных измерительных инструментов и приборов
Проверка твердости	Позволяет обнаружить изменения, произошедшие в материалах детали в процессе эксплуатации из-за наклела, влияния высоких температур или агрессивных сред и т. п.
Проверка сопряжения деталей	Определяет наличие и величины зазоров, плотность и надежность неподвижных соединений, функциональную пригодность данного соединения и т.д.
Магнитная и ультразвуковая дефектоскопия	Предназначена для обнаружения скрытых дефектов в стальных и чугунных деталях. Выполняется магнитным дефектоскопом. Действие метода основано на различной магнитной проницаемости сплошного металла и металла с трещинами, раковинами. При ультразвуковой дефектоскопии пороки металла выявляются при помощи ультразвуковых колебаний, которые отражаются на экране

Продолжение табл. 13.1 – Способы дефектации деталей

<b>Способы дефектации</b>	<b>Характеристика и применение</b>
Люминесцентный способ	Сущность способа заключается в свойстве некоторых веществ светиться в ультрафиолетовых лучах. На поверхность детали наносят флюоресцирующий раствор. Через 10... 15 мин поверхность протирают, просушивают сжатым воздухом и наносят тонкий слой порошка (углекислого магния, талька, силикагеля), впитывающего раствор из трещин или пор. Затем деталь осматривают в ультрафиолетовых лучах в затемненном помещении. Расположение трещины определяется по свечению люминофора
Керосиновая прoba	Предназначена для обнаружения трещин. Деталь погружают на 15... 30 мин в керосин, затем тщательно протирают и покрывают мелом. Выступающий из трещины керосин увлажняет мел и дает четкие контуры трещины

## **Лекция 14. Сборка станков после ремонта. Обкатка и испытание машин после ремонта**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о последовательности и методах сборки станков после ремонтов; о проведении обкатки и испытании машин после ремонта;

**знать:** методы сборки, последовательность ее выполнения; цель обкатки; цель и порядок проведения испытаний станков после ремонта.

### **Сборка промышленных станков после ремонта**

Сборка ремонтируемого станка должна производиться в соответствии с требованиями сборочных чертежей. Перед сборкой все детали должны быть очищены от остатков стружки и абразива, а полости и обработанные поверхности промыты.

В комплектовочном отделении по технологической карте сборки и дефектной ведомости подбирают все детали, составляющие данную сборочную единицу, из числа годных, отремонтированных или новых. Сборка станков должна обеспечить точность взаимного положения его сборочных единиц и нормальную работу всех механизмов.

Для обеспечения необходимой точности сопряжения применяют следующие методы сборки:

1. Метод полной взаимозаменяемости при отсутствии пригонки, подбора деталей и регулировки. Применяется в массовом и крупносерийном производстве, а при использовании стандартных деталей (подшипников качения, крепежа) также в единичном производстве.

2. Метод неполной взаимозаменяемости обеспечивает требуемую точность у большинства собираемых объектов. Незначительная часть деталей требует повторной сборки с предварительным подбором деталей. Применяется в серийном производстве.

3. При методе регулирования требуемая точность соединения достигается за счет применения неподвижного или подвижного компенсатора, шайб, колец, прокладок, регулировочных винтов, клиньев и других элементов.

4. При групповой взаимозаменяемости детали соединяют после подбора или сортировки в размерные группы, что обеспечивает необходимую точность при расширенных допусках на размеры изделия.

5. Метод пригонки обеспечивает точность сопряжения за счет использования индивидуальной пригонки сопрягаемых деталей. Применяется в единичном и мелкосерийном производстве. Выполняется пришлифованием, шабрением, притиркой, полированием и гибкой, а также совместной обработкой сопряженных поверхностей.

Сборку резьбовых и других соединений производят соответствующими монтажными инструментами, машинами и приспособлениями. Сборку

соединений с натягом осуществляют на прессах. Для облегчения запрессовки охватывающие детали небольших и средних размеров подвергают общему нагреву в масляных или водяных ваннах. Охватываемые детали могут охлаждаться в твердой углекислоте (температура —78°C), в среде жидкого воздуха (-193 °C), в жидким азоте (—195,8 °C).

При сборке узлов и механизмов по техническим условиям проверяется положение деталей и узлов.

### **Общая сборка машины (станка) после ремонта**

Процесс общей сборки машины из сборочных единиц и механизмов является завершающим этапом ремонта и заключается, как правило, в монтаже узлов на станке.

После сборки и отладки отдельных сборочных единиц и механизмов приступают к общей сборке станка. Начинают ее с установки базовой детали (станины), выверки ее положения. Затем к ней крепят последовательно отдельные узлы и детали. При этом выверяют их расположение относительно станины и между собой с соблюдением допускаемых отклонений расположения. Кроме того, при сборке выполняются отдельные регулировочные работы по направляющим, опорам для получения плавного перемещения всех подвижных частей станка. Собранный станок окрашивают, а затем проверяют и испытывают.

Общую сборку токарного станка целесообразно начать с установки каретки суппорта на восстановленные направляющие станины, выверенные по уровню. Установив каретку и прикрепив к ней прижимные планки, добиваются ее плавного перемещения по направляющим. По достижении этого параллельно монтируют и выверяют переднюю бабку, коробку подач, фартук, ходовые винт и вал. Параллельные ремонт и сборка нескольких узлов станка бригадой слесарей — метод наиболее рациональный и прогрессивный, обеспечивающий значительное сокращение времени простоя станка в ремонте.

Переднюю бабку 6 (рис. 14.1) нужно установить на станине так, чтобы ось шпинделя была параллельна направляющим станины. Для этого в шпиндель 5 вставляют цилиндрическую оправку 2 и в суппорте 3 закрепляют индикатор 1 так, чтобы его измерительный наконечник касался поверхности оправки (с натягом 0,1... 0,3 мм) в перпендикулярном направлении к ее образующей. Далее, найдя с помощью поперечного перемещения суппорта наивысшую точку образующей оправки, перемещают суппорт вдоль направляющих станины 4 и наблюдают за отклонениями стрелки индикатора. Проверку производят по двум диаметрально противоположным образующим (при повороте шпинделя на 180°) цилиндрической оправки — верхней и боковой. Погрешность определяется средним арифметическим результатов обоих измерений в данной плоскости.

Если в вертикальной плоскости отклонение превышает 0,03 мм на длине

300 мм (допускается только отклонение свободного конца оправки вверх), а в горизонтальной — 0,015 мм, то это указывает на необходимость дополнительного шабрения сопрягающихся со станиной поверхностей передней бабки 6.

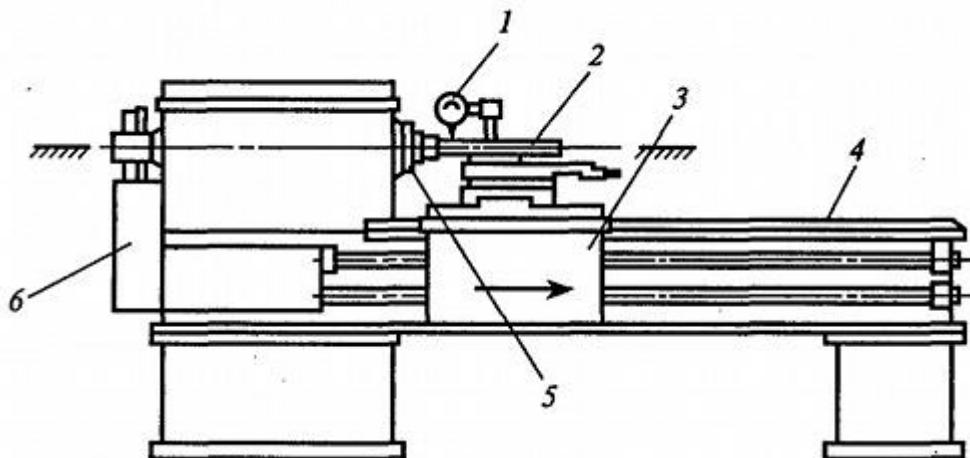


Рисунок 14.1 – Схема проверки параллельности оси шпинделя направляющим станинам: 1 — индикатор; 2 — цилиндрическая оправка; 3 — суппорт; 4 — направляющие станины; 5 — шпиндель; 6 — передняя бабка

Нанеся на направляющие станины тонкий слой краски, перемещают по ним переднюю бабку, чтобы получить на ее опорной поверхности отпечатки краски, по которым и ведут шабрение в соответствии с величиной отклонений, показанных индикатором. Если, например, при проверке индикатором конец оправки 2 отклоняется вниз, а отпечатки краски на опорной поверхности передней бабки распределены равномерно, то металл снимают по отпечаткам, расположенным ближе к задней части бабки. Шабрением необходимо обеспечить качественную пригонку направляющих передней бабки к станине, иначе после закрепления бабки на станине винтами могут возникнуть напряжения, которые нарушают параллельность оси шпинделя направляющим.

При сборке токарного станка (по мере выхода из ремонта его отдельных сборочных единиц) необходимо выверять положения коробки подач, фартука и кронштейна, поддерживающего ходовые винт и вал, добиваясь, чтобы оси отверстий, через которые проходит ходовой винт, строго совпадали; также должны совпадать оси отверстий, через которые проходит ходовой вал (допустимое отклонение 0,07 ...0,1 мм). Выверку выполняют после того, как все перечисленные сборочные единицы, в том числе и каретка, установлены в необходимой последовательности и закреплены.

Параллельность проверяют индикатором 2 (рис. 14.2) в трех точках: у замкнутой разъемной гайки 1 в фартуке и у обоих подшипников ходового винта 4. Если отклонение от параллельности между осями подшипников 3 и 5 и направляющими станины 6 превышает 0,1 мм, а несовпадение оси гайки 1 с осями подшипников — 0,15 мм, необходимо выправить положение осей.

Погрешности устраняют одним из следующих способов:

- установкой на изношенных направляющих каретки накладок-компенсаторов исправляют положение оси гайки;
- пригонкой шабрением сопрягающихся со станиной поверхностей коробки подач и кронштейна исправляют положение осей подшипников.

После установки и выверки рассмотренных сборочных единиц продолжают сборку станка: в его левой тумбе устанавливают главный электродвигатель и регулируют ременную передачу; монтируют электродвигатель быстрых перемещений суппорта; наливают в резервуары коробок скоростей и подач, а также фартука машинное масло; устанавливают арматуру охлаждения, предохранительные кожухи и щитки; электромонтеры восстанавливают электропроводку. Выполнив все перечисленные работы, включают станок и производят его предварительную обкатку.

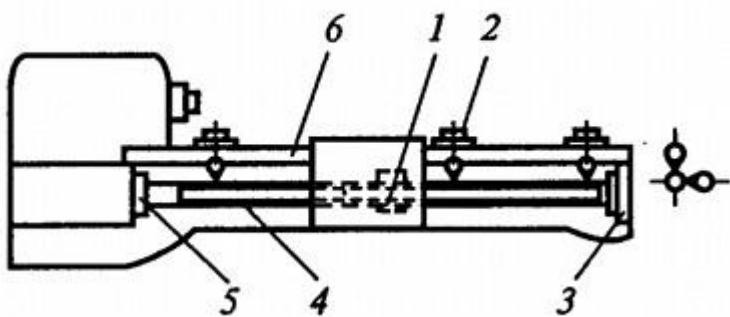


Рисунок 14.2 – Схема проверки совмещения осей винта и разъемной гайки, а также параллельности винта направляющим станины:

1 — разъемная гайка; 2 — индикатор; 3 и 5 — подшипники; 4 — ходовой винт; 6 — направляющие станины

### Обкатка и испытание машин и станков после ремонта

**Обкатка.** Целью обкатки является выявление возможных дефектов сборки и приработка сопрягаемых поверхностей. К обкатке приступают, убедившись, что все сборочные единицы и механизмы закреплены и обеспечена их доброкачественная смазка, а ограждающие устройства находятся на своих местах. Перед пуском станка проверяют работу механизмов вращения, проворачивая соответствующие сборочные единицы вручную и переключая рукоятки скоростей и подач. Одновременно следят, как поступает масло к трущимся поверхностям. Сначала обкатку ведут на холостом ходу и на самых малых скоростях, затем последовательно включают все рабочие скорости до максимальной, на которой станок должен работать не менее 1 ч без перерыва. Точно так же, как действие механизмов вращения, проверяют работу механизмов привода подач.

В процессе обкатки определяют температуру нагрева подшипников, которая в станках должна быть не выше 50..60 °C, выявляют стук и шумы. Все механизмы должны работать плавно, без толчков и вибраций, а их пуск и реверсирование — осуществляться легко и не сопровождаться рывками или ударами. Все органы управления должны быть блокированы таким образом, чтобы при включении исполнительных органов перемещения и подачи происходили строго согласованно во времени и полностью исключалась возможность самопроизвольного движения даже на самые малые расстояния каких-либо деталей механизмов или частей агрегата. Упоры, кулачки и другие детали автоматически действующих устройств должны обеспечивать надежное выключение подач, а механизмы зажима деталей и инструментов — их многократные и безотказные зажимы и разжимы. Необходимо, чтобы системы смазки и охлаждения подавали к соответствующим местам достаточное количество масла и охлаждающей жидкости.

Безотказной должна быть и работа электрооборудования. В рубильниках, переключателях, реостатах и других аналогичных устройствах и аппаратах не допускаются даже малейшие неисправности. Недостаточно быстрое включение или выключение электроаппаратуры, чрезмерный нагрев пускового реостата, гудение реле и другие неполадки в электрооборудовании, обнаруженные при обкатке станка, свидетельствуют о дефектах сборки или ремонта. Их устраняют соответствующими регулировками, а в случае необходимости полностью разбирают те или иные механизмы.

**Испытание.** Отремонтированный и собранный станок испытывают под нагрузкой путем обработки деталей-образцов на различных скоростях в соответствии с техническими данными паспорта станка. Испытание ведут с нагружением станка до номинальной мощности привода, постепенно увеличивая сечение снимаемой стружки. Допускается кратковременная перегрузка станка не более чем на 25 % его номинальной мощности. Все механизмы станка при его испытании под нагрузкой должны работать исправно (допустимо лишь незначительное повышение шума в зубчатых передачах), устройства, предохраняющие станок от перегрузок, — действовать надежно, пластинчатая фрикционная муфта — включаться легко и плавно (при максимальной перегрузке станка, т.е. более 25 %, она не должна буксовать).

На чистоту и точность обработки станок проверяют после его испытания под нагрузкой. Перед новым испытанием нужно прогреть шпиндель, подшипники, гидросистему и другие основные элементы станка обкаткой его на холостом ходу. Испытание на чистоту (получение требуемой шероховатости) обработанной поверхности производится точением образца при определенных режимах резания (на обработанных поверхностях не должно быть следов дробления). Для испытания на точность обработки станок необходимо установить на фундаменте или стенде и тщательно выверить с помощью клиньев, башмаков или других средств. Его также надо

привести в то же положение, при котором он был выверен на стадии сборки после окончания ремонта. Приемка станка после капитального ремонта производится в соответствии с нормами, установленными ГОСТ 18097 — 72.

Проверка станка на жесткость (ГОСТ 7035 — 75) производится в целях определения качества сборки передней и задней бабок, а также суппорта. Жесткость станка уменьшается из-за неровностей соприкасающихся поверхностей, а также из-за деформации подшипников, клиньев, планок, болтов и других вспомогательных деталей вследствие их плохой пригонки. Показателем жесткости является степень деформации испытываемых сборочных единиц относительно станины под действием определенной внешней силы. Проверяют жесткость динамометром и индикатором, применяя при необходимости оправки и упоры. Воздействуя с определенной силой через динамометр на шпиндель или суппорт, выявляют отклонение вследствие деформации по индикатору, установленному с противоположной стороны шпинделя или суппорта.

В процессе испытания станка на мощность, которое производится после испытаний на холостом ходу, под нагрузкой и на жесткость, определяют КПД станка при максимально допустимой для него нагрузке. Во время испытания обрабатывают болванку или производственную деталь, предварительно выбрав сечение стружки и режимы резания в соответствии с паспортными данными станка. Продолжительность пробной обработки с использованием полной мощности станка — не более 30 мин. Допускается перегрузка мощности электродвигателя на 10... 15 %.

Геометрическую точность станка контролируют после его испытания на холостом ходу и под нагрузкой в соответствии с ГОСТ 18097 — 72. В процессе этого испытания проверяют:

- прямолинейность, взаимопараллельность и перекос направляющих станины;
- взаимоперпендикулярность верхних и нижних направляющих каретки суппорта;
- параллельность осей шпинделя (см. рис. 14.1), пиноли задней бабки, ходовых винта и вала направляющим станины;
- совмещение центров шпинделя и пиноли;
- совмещение осей ходовых винта и вала в коробке подач, фартуке и кронштейне (см. рис. 14.2).

## **Контрольные вопросы**

1. Расскажите об основных факторах, влияющих на продолжительность работы оборудования.
2. Какие свойства смазочных материалов характеризуют их качество?
3. По каким признакам подбирают смазочные материалы для смазывания оборудования?

4. Какие способы и средства применяют для смазывания станков и механизмов?
5. Какие смазочные системы вы знаете?
6. В какой последовательности выполняют работы при разборке оборудования перед ремонтом?
7. Какие способы применяют для очистки деталей?
8. В каких машинах промывают детали?
9. В чем заключается дефектовка деталей?
10. Какова последовательность сборки механизмов и машин при ремонте?
11. Как обкатывают и испытывают машины после ремонта?

## **Лекция 15. Экономическая целесообразность восстановления деталей.**

### **Восстановление деталей механической обработкой**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о показателях экономической целесообразности восстановления деталей;

**знать:** основные показатели экономической эффективности восстановления; понятия: ремонтный размер, свободный размер, регламентированный размер;

**уметь:** рассчитывать ремонтные размеры.

Экономическая целесообразность восстановления деталей промышленных станков

*Восстановление* — производство восстановительных работ, в результате которых детали, узлу или агрегату возвращаются первоначальные (номинальные) размеры, форма, свойства, мощность и точность (изменения возможны только в сторону улучшения).

Износ деталей часто приводит к нарушению посадки в сопряжении — увеличиваются зазоры и уменьшаются первоначальные натяги, нарушается форма поверхностей, возникают другие неисправности и дефекты. Такие детали при ремонте заменяют или восстанавливают (стоимость восстановления обычно составляет от 15 до 40 % стоимости новых деталей). Восстановление деталей способствует значительной экономии дефицитных материалов и цветных металлов.

Чтобы выбрать способ восстановления и упрочнения детали, необходимо знать свойства и сроки службы новых и восстановленных деталей. Восстановленная деталь должна быть достаточно долговечной и надежной в эксплуатации, а также обладать качествами новой. Применяя современные методы ремонта, можно восстановить некоторые детали так, что их эксплуатационные свойства будут превышать соответствующие показатели новых деталей.

При выборе способа восстановления деталей и сборочных единиц за основу принимают экономическую целесообразность восстановления, наличие на предприятии необходимого оборудования и материалов, технологические и конструктивные особенности деталей, величину и характер их износа и т.д. Целесообразность способа восстановления и упрочнения деталей в каждом случае зависит от многих факторов: условий их работы; характера сопряжения (подвижная или неподвижная посадка); величины и характера действующих нагрузок; скорости взаимного

перемещения деталей с подвижной посадкой; условий и характера смазывания деталей с подвижной посадкой и пр.

Основным показателем экономической эффективности восстановления изношенных деталей и целесообразности того или иного способа восстановления и упрочнения служит относительная себестоимость, т.е. себестоимость восстановления детали, отнесенная к сроку ее службы после ремонта. Этот показатель является наиболее комплексным и обобщающим, так как отражает не только все элементы затрат, но и износостойкость деталей после их восстановления. Однако наряду с относительной себестоимостью немаловажное значение имеют также продолжительность и трудоемкость технологического процесса восстановления деталей, степень дефицитности примененных материалов и др.

Для восстановления изношенных деталей наиболее широко используются следующие способы: механический (способ ремонтных размеров); сварка и наплавка с последующей механической обработкой; восстановление полимерными материалами; гальваническое покрытие; химическая обработка и др. Достоинства и недостатки каждого из способов рассматриваются в подразд. ниже.

### **Восстановление деталей промышленных станков механической обработкой**

Этот способ широко применяют как самостоятельный при восстановлении направляющих станков, изношенных отверстий или шеек различных деталей, резьбы ходовых винтов и пр. Экономическая целесообразность восстановления деталей механической обработкой состоит в том, что себестоимость восстановления обычно ниже стоимости новых деталей, так как при этом способе невелики трудоемкость и продолжительность ремонта, а также затраты на материалы.

Сущность этого способа заключается в том, что восстанавливают (исправляют) геометрическую форму ремонтируемой сопрягаемой детали снятием минимального слоя металла с ее изношенных поверхностей до удаления следов износа без сохранения первоначальных размеров детали (см. рис. 13, б). Сопряжение деталей затем восстанавливают введением готовой или изготовленной заново детали компенсатора, обеспечивая первоначальные (номинальные) посадки. Применение данного метода восстановления изношенных деталей связано с понятием ремонтного размера.

Ремонтным называют размер, до которого производится обработка изношенной поверхности при восстановлении детали. Различают свободные и регламентированные ремонтные размеры.

Свободным называют размер, величина которого не устанавливается заранее, а получается непосредственно в процессе обработки, т.е. наибольший для вала и наименьший для отверстия размер, при котором в результате обработки следы износа оказываются устранимыми, а форма детали восстановленной. К полученному свободному ремонтному размеру подгоняют соответствующий размер сопряженной детали методом индивидуальной пригонки. Недостатком системы свободных ремонтных размеров является невозможность заранее изготовить в окончательно обработанном виде запасные детали, которые можно было бы быстро поставить в машину без пригоночных работ.

Регламентированный ремонтный размер — это заранее установленный размер, до которого ведут обработку изношенной поверхности при ее исправлении. Система регламентированных ремонтных размеров создает условия для применения метода взаимозаменяемости при ремонте и обеспечивает ускорение ремонта. Запасные детали в условиях применения этой системы можно изготавливать заранее.

Основными данными при расчете ремонтных размеров и составлении шкал для каждой пары сопрягаемых деталей служат величина допустимого износа за межремонтный период и припуск на обработку. Конечный ремонтный размер устанавливают исходя из условий прочности, долговечности и конструктивных особенностей сопрягаемых деталей.

Изношенные направляющие станин станков восстанавливают строганием, шлифованием и другими способами. При этом восстанавливают их геометрическую форму, соблюдая точность снятия слоя металла. Наруженную размерную цепь с кареткой суппорта и другими сборочными единицами восстанавливают постановкой компенсационных наделок.

Некоторые детали или их элементы невозможно восстановить до прежних размеров, а в ряде случаев процесс восстановления экономически нецелесообразен. При этих условиях ремонт осуществляют методом ремонтных размеров. Чаще всего этот метод применяют для сопрягаемых деталей типа вал—втулка. В этом случае из двух сопрягаемых деталей ремонтируют одну (дорогостоящую или металлоемкую), а другую изготавливают заново. Перевод ремонтируемой детали на ремонтный размер в некоторых случаях можно осуществлять до четырех раз. Ремонтные размеры для часто ремонтируемых деталей обычно рассчитывают заранее или в процессе ремонта. При переводе деталей на следующий ремонтный

размер диаметр ремонтируемого вала постепенно уменьшается, а диаметр отверстия ремонтируемой детали увеличивается (рис. 15.1).

Очередной ремонтный размер  $d_{\text{pp}}$  (мм) ремонтируемого вала определяют по формуле:

$$d_{\text{pp}} = d_n - 2n_B (\delta'_B + \delta''_B)$$

где  $d_n$  – номинальный диаметр вала новой детали, мм;  $n_B$  – порядковый номер ремонтного размера вала;  $\delta'_B$  – допустимый износ вала (на одну сторону) за межремонтный период, мм;  $\delta''_B$  – припуск на механическую обработку вала за один ремонт (на одну сторону), мм.

#### Ремонтный интервал для диаметра вала

$$\gamma_B = 2\delta'_B + 2\delta''_B, \text{ или } \gamma_B = 2(\delta'_B + \delta''_B).$$

При расчете ремонтного размера отверстия следует учитывать, что при ремонте детали отверстие увеличивается. Поэтому формула для определения ремонтного размера отверстия будет иметь вид:

$$D_{\text{pp}} = D_n + n_o \gamma_o,$$

где  $D_n$  – номинальный диаметр отверстия новой детали;  $n_o$  – порядковый номер ремонтного размера отверстия;  $\gamma_o$  – ремонтный интервал для диаметра отверстия, мм.

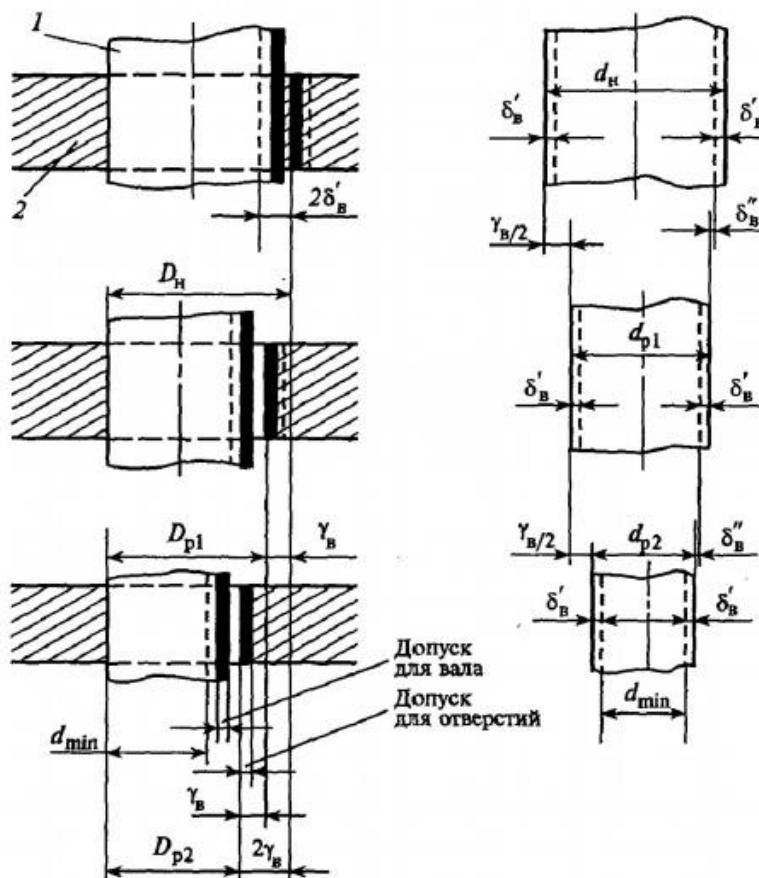


Рисунок 15.1 – Схема ремонтных размеров: 1 – ремонтируемая деталь, 2 – изготавливаемая деталь

Число ремонтных размеров устанавливают исходя из предельно допустимого размера сопрягаемых элементов деталей, т. е. минимального диаметра ремонтируемого вала  $d_{\min}$  и максимального диаметра ремонтируемого отверстия  $D_{\max}$ . Величины  $D_{\max}$  и  $d_{\min}$  находят аналитическим путем исходя из расчета на прочность и конструктивных особенностей детали.

Чтобы рассчитать число ремонтных размеров, используют формулы:

для вала

$$n_{p.v} = \frac{d_h - d_{\min} - 2\delta'_v}{\gamma_v},$$

где  $n_{p.v}$  — ремонтный интервал размеров для вала, мм;  $d_h$  — nominalnyy diameetr vala, mm;

для отверстия

$$n_{p.o} = \frac{D_{\max} - D_h - 2\delta'_o}{\gamma_o},$$

где  $n_{p.o}$  — ремонтный интервал размеров для отверстия, мм.

Между первоначальными диаметрами  $D_h$  и  $d_h$  и предельными диаметрами  $D_{\max}$  и  $d_{\min}$  устанавливаются промежуточные ремонтные размеры, которые определяются из табл. 10.

Таблица 10

Зависимости для определения промежуточных ремонтных размеров

Для вала	Для отверстия
$d_{p1} = d_h - \gamma_v$	$D_{p1} = D_h + \gamma_o$
$d_{p2} = d_h - 2\gamma_v$	$D_{p2} = D_h + 2\gamma_o$
$d_{p3} = d_h - 3\gamma_v$	$D_{p3} = D_h + 3\gamma_o$
$d_{pn} = d_h - n\gamma_v$	$D_{pn} = D_h + n\gamma_o$

Способ ремонтных размеров применяется не только для простых деталей типа вал—втулка, поршень—гильза, но и для деталей типа шпиндель—подшипники, корпусных деталей с валами и др. Например, при ремонте шестеренчатого насоса вместо установки компенсационных втулок можно расточить корпус под ремонтный размер, изготовив новые откорректированные шестерни. Этот способ приемлем и для резьбовых соединений, в которых при износе увеличивают внутренний размер резьбы (гайки), а винты заменяют новыми.

В частности, этим способом ремонтируют корпусные детали с резьбовыми отверстиями.

## Лекция 16. Восстановление деталей сваркой и наплавкой

- В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о способах восстановления деталей сваркой и наплавкой;
- знать:** последовательность подготовки кромок швов при газовой и электродуговой сварке; сущность вибродуговой наплавки, наплавки в среде защитных газов, наплавку под слоем флюса, наплавки деталей из цветных металлов;
- уметь:** определять и рассчитывать режимы различных видов наплавки и сварки.

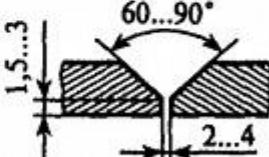
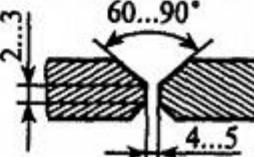
### Восстановление деталей станков сваркой

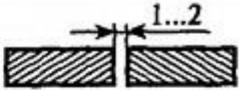
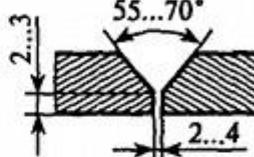
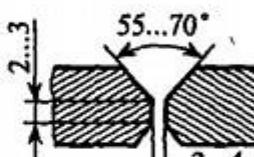
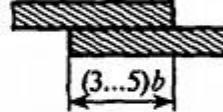
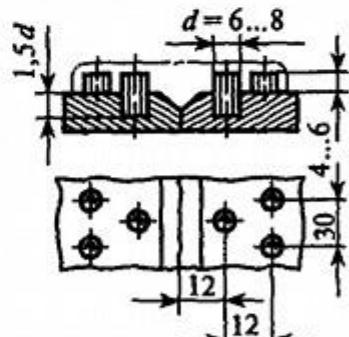
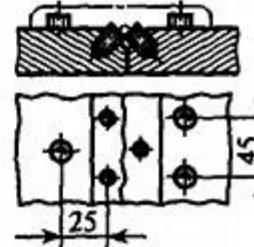
Сварка применяется как способ неразъемного соединения деталей, а также для восстановления изношенных деталей.

Перед ее началом места сварки детали и прилегающие зоны очищают от масла и грязи. Замасленные детали вываривают в растворе каустической соды, после чего промывают теплой водой. Место под сварной шов зачищают стальной щеткой, напильником, абразивным кругом, пескоструйным аппаратом или промывают растворителями.

Кромки в месте шва разделяют (табл. 16.1).

Таблица 16.1 – Подготовка кромок швов к сварке

Толщина свариваемого металла, мм	Тип шва	Эскиз и размеры элементов шва, мм
<i>Газовая сварка. Шов встык</i>		
До 2	–	
2...5	Без скоса кромок	
5...15	V-образный	
Свыше 15	X-образный	

Толщина свариваемого металла, мм	Тип шва	Эскиз и размеры элементов шва, мм
<i>Электросварка стали. Шов встык и внахлестку</i>		
До 8	Без скоса кромок	
5...30	V-образный	
Свыше 20	X-образный	
Свыше 2	Внахлестку	
<i>Холодная электросварка чугуна с применением шпилек</i>		
До 15	—	
Свыше 15	—	

Детали из стали сваривают в основном электродуговой сваркой металлическими электродами. Электроды для ручной дуговой сварки представляют собой металлические стержни диаметром 1,6...12 мм и длиной 225 ...400 мм. Для сварки углеродистой стали электроды изготавливают из

мягкой стальной проволоки, содержащей 0,08...0,12 % С (марки Св-0,8, Св-0,8ГА). При сварке легированной стали электроды делают из низколегированной стальной проволоки, содержащей до 0,2 % С. Стальные электроды имеют металлический стержень, покрытый специальной обмазкой.

Электроды с тонким стабилизирующим покрытием (0,1 ...0,3 мм на сторону) применяют для сварки малоответственных конструкций.

Электроды с толстыми обмазками (0,5 ...3 мм на сторону) повышают устойчивость горения дуги и защищают расплавленный металл от окисления и насыщения азотом.

Покрытия повышают устойчивость горения дуги, поэтому их называют ионизирующими. Они состоят из мела, поташа, калиевой селитры, углекислого бария, титанового концентрата, силиката калия, полевого шпата и др.

Чугунные детали сваривают двумя способами: электро- и газовой сваркой. Различают холодную и горячую сварку. Холодной называется сварка электрической дугой, при которой деталь предварительно не подогревается. Если процесс осуществляется, когда деталь подогрета до 600.,650°C, то такая сварка называется горячей.

Сварка чугунных деталей затруднена тем, что углерод частично выгорает и образует углекислый газ, растворяющийся в наплавленном металле. Часть газа из-за низкой температуры плавления и быстрого перехода чугуна из жидкого состояния в твердое остается в металле. По этой причине сварной шов получается пористым и нестойким к воздействию нагрузки. Неравномерный нагрев и быстрое охлаждение чугуна вызывают в деталях большие напряжения, что часто приводит к появлению трещин. Поэтому при сварке ответственных чугунных деталей выполняется предварительный нагрев деталей до сварки, медленное охлаждение наплавленного металла, а также используются электроды с низкой температурой плавления.

При сварке чугунных деталей без предварительного нагрева применяют электроды из монель-металла (медно-никелевый сплав), медно-железные и никелевые электроды. Для этих электродов применяется специальная обмазка.

При заварке трещин в чугунных деталях стальными электродами в ряде случаев прибегают к установке шпилек в шахматном порядке, ввертывая их в резьбовые отверстия, выполненные по длине трещин. Расстояние между шпильками 30...40 мм. Это позволяет увеличить площадь сцепления наплавленного металла с деталью, понизить внутренние напряжения и препятствует отслаиванию наплавленного металла. При установке шпилек края трещины скашивают под углом 90...120°.

Диаметр шпилек принимают равным 0,3...0,4 толщины стенки детали, глубина ввертывания шпильки — 1,5 диаметра, выступающая часть — 4...6 мм.

## **Восстановление деталей станков наплавкой**

Наплавка применяется для восстановления детали путем наращивания на нее металла за счет расплавления присадочного материала газовой сваркой или электросваркой (рис. 16.1).

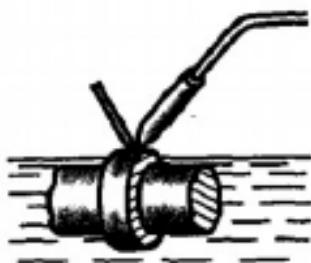


Рисунок 16.1 – Восстановление детали наплавкой

При наплавке большого количества металла на небольшой участок для предотвращения нагрева всей детали ее погружают в водяную ванну для охлаждения.

В качестве наплавочных материалов применяют литые и порошковые твердые сплавы, содержащие карбиды марганца, хрома, вольфрама, титана и пр. Наплавка износостойкими сплавами повышает срок службы изделий в 3...4 раза.

Перед наплавкой поверхность тщательно очищают от грязи, ржавчины и окалины металлической щеткой, напильником, шлифовальным кругом или с помощью пескоструйного аппарата. После этого поверхность обезжиривают раствором каустической соды и тщательно промывают.

Наплавочные материалы наносятся на изделия тонкими слоями во избежание образования трещин. Толщина наплавленного слоя должна быть не более 2 мм. Детали, подвергающиеся наплавке, предварительно нагревают на 350...500°C и медленно охлаждают после окончания наплавки.

Наибольшее распространение получила электродуговая наплавка. Она обеспечивает хорошее качество наплавленного металла, экономична и позволяет автоматизировать процесс.

Применяют также наплавку в защитных газах (углекислом газе, аргоне и др.). Углекислый газ подается в зону наплавки по шлангу из баллона через редуктор. Электроды для работы в среде углекислого газа содержат 0,06...0,15 % углерода, 0,6... 1,0 % кремния, 1,4...2,49 % марганца при диаметре проволоки 0,8... 2,0 мм. Отрицательная клемма источника тока соединяется с деталью, а положительная — с токопроводящим держателем.

В ремонтном деле применяется наплавка литыми (стеллит и сор-майт) или зернообразными (сталинит и вакар) твердыми сплавами.

Наплавка стеллитом и сормайтом. Стеллиты — твердые сплавы на кобальтовой (иногда никелевой) основе. Стеллиты обладают красностойкостью и устойчивостью против коррозии при высоком давлении

газов и паров. Сормайты представляют собой группу литых высокоуглеродистых и высокохромистых железистых сплавов, содержащих также никель и кремний и отличающихся большой твердостью, низкой коррозионной стойкостью.

Стеллит и сормайт применяют для наплавки в виде круглых электродов диаметром 3... 7 мм и длиной 300... 400 мм. Общая толщина наплавленного слоя колеблется в пределах 0,5...5 мм.

При необходимости механической обработки детали, наплавленной сормайтом, ее подвергают отжигу. После наплавки стеллитом термообработка деталей не производится. Закалка и последующий отпуск детали с наплавкой из сормайта после механической обработки повышают твердость наплавленного слоя. Обработка такой поверхности возможна резцами, оснащенными пластинками из твердого сплава ВК3 и ВК6, или шлифованием.

Наплавка зернообразными сплавами. Зернообразные наплавочные сплавы (вокар, сталинит) представляют собой смесь различных металлов (марганец, вольфрам, хром, железо и др.) с углеродсодержащими веществами (нефтяной кокс, сахар, патока). Наплавка выполняется в следующей последовательности. Поверхность детали зачищают до металлического блеска и насыпают на нее тонкий слой (0,2...0,3 мм) флюса (прокаленную буру), а поверх него слой зернообразного сплава высотой 3... 5 мм и шириной 40... 60 мм. Включают сварочный агрегат и подводят угольный электрод на край насыпанной шихты. Не прерывая дуги, электрод перемещают зигзагообразными движениями по всей ширине слоя шихты со скоростью, обеспечивающей расплавление шихты и сплавление ее с основным металлом.

При наплавке в несколько слоев наплавленный участок зачищают металлической щеткой, затем на его поверхность насыпают слой шихты без флюса и наплавляют следующий слой.

Во избежание появления трещин и коробления наплавленные детали медленно и равномерно охлаждают в сухом песке или укрывают асbestosвыми листами. При наплавке чугунных деталей рекомендуется предварительно их нагреть до 700 °C.

Вибродуговая наплавка. Этот метод позволяет наращивать слой до 4 мм. Его сущность заключается в том, что в процессе наплавки электрод приводится в колебательный процесс частотой 50... 100 колебаний в секунду. Во время наплавки в зону дуги подается охлаждающая жидкость (5 %-ный раствор кальцинированной соды), которая повышает скорость охлаждения наплавленного и основного металла. Места, не подлежащие наплавке, защищаются медными или графитовыми вставками (шпоночные пазы и отверстия) или закрываются мокрым асбестом.

Восстановление валов, фланцев и других деталей типа тел вращения вибродуговой наплавкой возможно на токарном станке (рис. 16.2). На его суппорт устанавливается виброголовка, получающая продольную или поперечную подачу, а в центрах или патроне закрепляется деталь.

Продольная подача — 2...3 мм/об, а частота вращения — 0,2...20 об/мин.

Этот способ наплавки обеспечивает высокую производительность, низкую температуру нагрева детали (не превышает 90... 100 °C), что не вызывает деформаций и понижения твердости соседних закаленных участков наплавленной детали. Технологическая последовательность вибродуговой наплавки следующая: подготовка деталей к наплавке — очистка, промывка, обезжиривание; виб-родуговая наплавка.

Наплавка деталей из цветных металлов. Изношенные детали, изготовленные из меди, бронзы, латуни, алюминия и его сплавов, восстанавливают газовой наплавкой. В качестве присадочных материалов применяют стержни, близкие по составу к основному металлу. При восстановлении размеров деталей из бронзы в качестве присадочного материала могут служить латуни Л62, ЛК-62-03, ЛОК-1-ОЗ, которые обеспечивают получение плотного слоя наплавленного металла, повышающего сопротивление изнашиванию. Детали больших размеров и массой более 10 кг предварительно подогревают горелкой или в специальных печах до 460 °C. После наплавки рекомендуется быстрое охлаждение на воздухе, а для бронз с высоким содержанием меди — в воде.

Детали из меди, наплавляют медной проволокой. Большие детали наплавляют с помощью двух горелок: одной осуществляют подогрев, а другой ведут наплавку. Наплавленный слой можно; дополнить уплотнить проковкой в горячем состоянии. Алю-1 миниевые детали восстанавливают газовой наплавкой с применением флюса АФ-4А. В качестве присадки выбирают металл, близкий по составу к основному. Детали из черных металлов можно наплавлять медью, латунью, бронзой с помощью ацетиленокислородной горелки с применением газообразных флюсов БМ-1 или БМ-2. При этом получается плотный слой цветного металла, хорошо сплавленного с основным. !

Поверхность детали, подлежащую наплавке, тщательно очищают и обезжирают, затем нагревают газовой горелкой до температуры, близкой к температуре плавления присадочного металла. При больших размерах наплавляемой поверхности наплавку нужно выполнять с предварительным подогревом. В ряде случаев целесообразно выполнять наплавку двумя горелками: первой, располагаемой по ходу наплавки, подогревают металл, а второй ведут наплавку с флюсом БМ-1. (Флюс БМ-1 в отличие от порошковых флюсов обеспечивает полную защиту расплавленного слоя цветного металла от окисления. Поверхность металла после остывания получается ровной, блестящей и неокисленной.) Для наплавки рекомендуется использовать латуни различных марок (например, Л62), не содержащие кремния, свинца, олова, и бронзы, в частности Бр.КМЦ-0,5, дающие плотный слой при наплавке на чугун и сталь. Прочность соединения с чугуном и сталью соответствует прочности литой латуни.

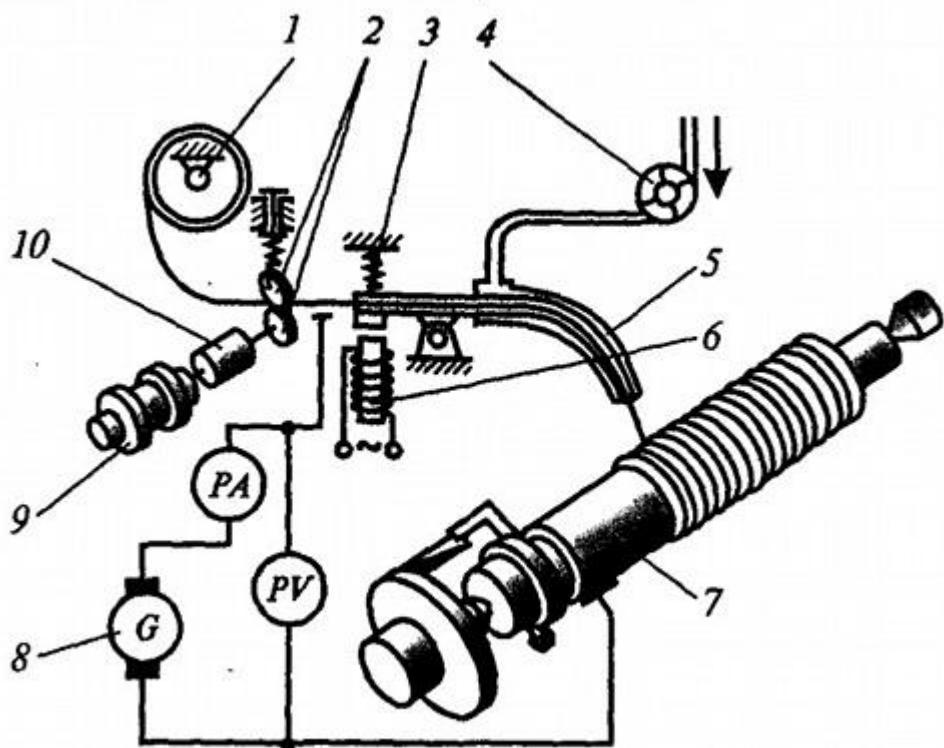


Рисунок 16.2 – Схема вибродуговой наплавки:

1 — барабан с электродной проволокой; 2 — подающие ролики; 3 — пружина; 4 — насос; 5 — наконечник; 6 — электромагнит; 7 — деталь; 8 — генератор; 9 — двигатель; 10 — редуктор

## **Лекция 17. Восстановление деталей металлизацией. Восстановление и упрочнение деталей электролитическим способом.**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о способах восстановления деталей металлизацией и электролитическим способом;

**знать:** сущность процесса металлизации, нанесения гальванических покрытий, хромировании, осталивании, борировании;

**уметь:** определять и рассчитывать режимы нанесения гальванических покрытий.

### **Восстановление деталей станков металлизацией**

Металлизацией называется процесс нанесения расплавленного металла на поверхность детали путем напыления. Сущность процесса состоит в том, что расплавленный в специальном приборе — металлизаторе — металл подхватывается струей воздуха или газа, распыляется и мельчайшими частицами переносится на предварительно подготовленную поверхность детали. Давление струи воздуха составляет  $0,6 \text{ МН}/\text{м}^2$ , скорость переноса частиц —  $100...250 \text{ м}/\text{с}$ ; размеры частиц —  $10...20 \text{ мкм}$ . Металлизация широко применяется в ремонтной практике, так как позволяет получить покрытие толщиной до 8 мм. Прочность сцепления наплавленного металла с основной деталью в значительной степени зависит от подготовительных операций. Поверхность очищается от масла и грязи; пескоструйными аппаратами с кварцевым песком (размеры частиц  $1...2 \text{ мм}$ ) удаляется окисная пленка. Для придания детали правильной геометрической формы ее обрабатывают. Поверхность детали должна быть шероховатой для лучшего сцепления частиц напыленного металла. На цилиндрических деталях нарезается «рваная резьба» (глубина  $0,5...0,75 \text{ мм}$ , шаг  $0,75...1,25 \text{ мм}$ ).

На рис. 17.1 приведена схема работы металлизационной установки. С барабана 1 проволока-электрод 2 подается тяговыми роликами 3 через направляющие трубы 4 в приемные трубы 5, к которым поступает электрический ток. От компрессора 11 через сопло 6 подается сжатый воздух под давлением  $0,5...0,6 \text{ МН}/\text{м}^2$ . Расплавленный электродугой металл электрода подается на поверхность ремонтируемой детали 8.

Режим работы аппарата: напряжение  $25...35 \text{ В}$ , расстояние от сопла до напыляемой поверхности  $75...100 \text{ мм}$ , диаметр проволоки-электрода  $1...2 \text{ мм}$ , подача до  $10 \text{ мм}/\text{об}$ .

Металлизация цилиндрических деталей может производиться на токарном станке. Деталь закрепляется в центрах токарного станка, металлизатор устанавливается на суппорте. Деталь медленно вращается и металлизатор поступательно перемещается.

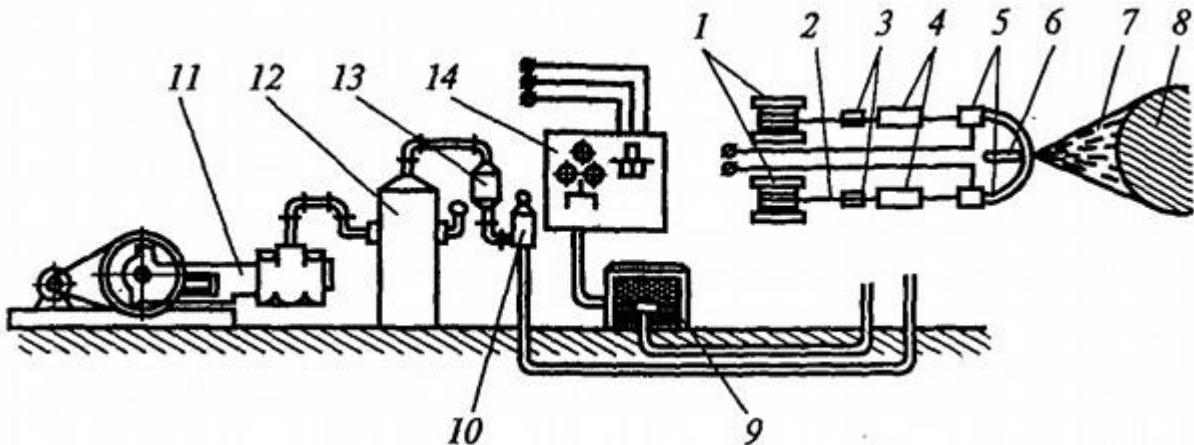


Рисунок 17.1 – Схема металдизационной установки:

1 — барабан; 2 — проволока-электрод; 3 — тяговые ролики; 4 — направляющие трубки; 5 — приемные трубы; 6 — еопло; 7 — струя распыленного металла; 8 — деталь; 9 — трансформатор; 10 — редуктор с манометром; 11 — компрессор; 12 — воздушный редуктор; 13 — маслоотделитель; 14 — электроощит

### Восстановление и упрочнение деталей станков электролитическим способом

Гальваническое покрытие — это нанесение металла на поверхность детали электролитическим способом в целях ее восстановления (рис. 17.2). В электролитическую ванну вводят два электрода. Деталь 1, расположенная на специальных подвесках, обычно является отрицательным электродом — катодом, а положительным электродом — анодом — является пластина того металла, который наносится на деталь. При пропускании постоянного тока через электролит на поверхности детали осаждается необходимый металл.

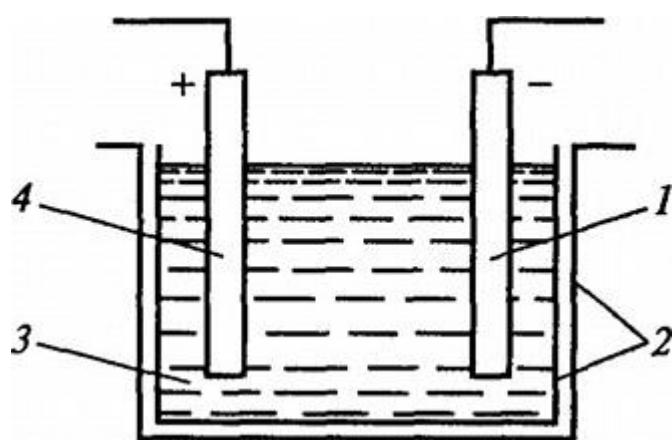


Рисунок 17.2 – Схема электролитического восстановления детали: 1 — деталь; 2 — облицовка; 3 — электролит; 4 — анодная пластина

В табл. 17.1 приведены виды применяемых при ремонте гальванических покрытий. Перед процессом покрытия детали очищают, шлифуют,

полируют, обезжиривают и протравливают для удаления окис-ных пленок.

Технологическая последовательность при хромировании: промывка, очистка и сушка деталей; определение шероховатости поверхности деталей, которая должна соответствовать  $Ra = 0,1 \dots 0,4$  мкм; установка деталей на подвеске; обезжикивание; промывка деталей в горячей воде; изоляция нехромируемых участков деталей целлULOидом; зачистка хромируемой поверхности тонкой шкуркой или обезжикивание венской известью; промывка деталей в холодной воде; удаление окислов для обеспечения плотности сцепления хрома с поверхностью деталей; хромирование; промывка деталей в дистиллированной воде (для сбора раствора хромового ангидрида); промывка деталей в проточной воде; снятие деталей и удаление изоляции; промывка в горячей воде и сушка; контроль качества покрытия; контроль размеров хромированных деталей в целях определения припуска на механическую обработку.

После хромирования детали шлифуют, хонингуют, полируют и т. п.

Осталивание (железнение) — эффективный метод гальванического наращивания слоя железа. Производительность этого метода в 15...20 раз выше, чем хромирования. Осталиванием можно нанести слой толщиной до 3 мм. Недостатком осталивания является возникновение трещин на поверхности покрытия, если оно выполнено с твердостью выше HRC3 38 ...40. Износстойкость таких деталей после ремонта на 25...30 % ниже этого показателя для новых или хромированных.

Технологическая последовательность осталивания: очистка поверхностей от масла и других загрязнений; дефектация деталей — замеряются рабочие поверхности деталей, определяются толщина и площадь покрытия, необходимость в предварительной механической обработке (шлифовании) для устранения овальности, рисок, задиров и т.д.; промывка в органическом растворителе; установка деталей на подвесные приспособления; изоляция поверхностей, не подлежащих осталиванию; обезжикивание деталей; промывка в холодной проточной воде; анодное травление детали в ванне с хлористым электролитом; промывка в холодной проточной воде; анодная обработка деталей в 48 %-ном растворе ортофосфорной кислоты; промывка деталей в холодной проточной воде, затем в горячей; перенос деталей в ванну осталивания и выдержка без тока (15...20 с); осталивание; контроль качества покрытия деталей; контроль размеров восстановленных поверхностей деталей для определения припуска на механическую обработку.

Борирование — это химико-термический процесс, при котором стальная деталь насыщается расплавленным бором и в результате химико-термической реакции образуется борид железа. Этот процесс позволяет повысить твердость детали, увеличить стойкость против окисления и коррозии, кислотоупорность и жаропрочность.

Технологическая последовательность борирования: обезжикивание деталей; сушка; загрузка деталей в ванну при температуре расплавленной

буры 1000 °C; борирование при 950 °C (выдержка 1...2 ч); охлаждение на воздухе до 100 °C; промывка в воде при температуре 100 °C; контроль качества покрытия; контроль размеров обработанных поверхностей для определения припуска под механическую обработку.

Таблица 17.1 – Характеристики основных гальванических покрытий

Вид покрытия	Применение	Продолжительность процесса	Наибольшая толщина слоя, мм	Основные свойства покрытия и его применение
Хромирование	Хромовый ангидрид, серная кислота и дистиллированная вода	5... 15ч для получения слоя толщиной 0,1 мм (в зависимости от плотности тока в ванне сэлектролитом)	0,15	Высокая твердость (HB 700 ...800), износостойкость, коррозионная стойкость, низкий коэффициент трения, жаростойкость. Применение: восстановление поверхностей валов, шпинделей, внутренних поверхностей, декоративное хромирование. Не применяется для деталей, подверженных ударной нагрузке
Пористое хромирование	Хромовый ангидрид, серная кислота	Точечное хромирование получается после 11... 12 мин обработки	Глубина пор 0,06 ... ...0,1 мм	Повышение износостойкости. Улучшение условий смазки
Осталивание (железение)	Хлористое железо 200... ...250 г/л, соляная кислота 1,5 ...2 г/л	Скорость осаждения железа 0,15... ...0,2 мм/ч	3,0	Обеспечивается прочность сцепления покрытия с основным металлом (4... 5)* $10^2$ МН/м <sup>2</sup> , твердость HB160...200. Для деталей, работающих со знакопеременными нагрузками, рекомендуется производить цементацию и закалку до требуемой твердости

## **Лекция 18. Электромеханическое восстановление и упрочнение деталей. Ремонт и упрочнение деталей пластическим деформированием**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о способах восстановления деталей электромеханической обработкой и пластическим деформированием;  
**знать:** сущность процесса восстановления деталей электромеханической обработкой и пластическим деформированием.

### **Электромеханическое восстановление и упрочнение деталей промышленного оборудования**

Электромеханическое восстановление и упрочнение деталей характеризуется сочетанием термического и силового воздействия на поверхностный слой детали. В зоне контакта инструмента с деталью пропускается ток большой силы (400...800 А) и низкого напряжения (1...6 В). В результате обрабатываемая поверхность, нагретая до высокой температуры, тут же под воздействием инструмента сглаживается или высаживается. Этот способ применяется при восстановлении деталей типа тел вращения при величине износа до 0,4 мм на диаметр.

Процесс электромеханического восстановления и упрочнения обычно состоит из высадки поверхностного слоя изношенной детали пластиной твердого сплава и сглаживания высаженных гребешков до определенного размера радиусной пластиной из твердого сплава.

Способ позволяет получить наклепанный поверхностный слой и повысить износостойкость детали. Шлифование для получения требуемого размера не рекомендуется.

Увеличить диаметр на выступах поверхности, образованной высадкой у не обработанных термически деталей, можно до 0,4 мм, у термически обработанных — до 0,2 мм.

При применении этого способа опорная поверхность уменьшается, поэтому в сопряжениях предусматривается натяг в 1,3... 1,5 раза больший, чем рекомендуется таблицами допусков для соответствующей посадки.

Электромеханическое восстановление и упрочнение деталей выполняется обычно на токарном станке, оснащенном соответствующими инструментами и приспособлениями.

### **Ремонт и упрочнение деталей стакнов пластическим деформированием**

Для повышения усталостной прочности и износостойкости деталей применяются различные методы упрочнения поверхностей.

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) заключается в том, что под давлением деформирующего элемента (ролик, шарик, алмазный выглаживатель и т.д.) обрабатываемая поверхность пластически

деформируется. Гребешки шероховатой поверхности сглаживаются, и за счет их смятия происходит заполнение впадин микрорельефа.

Обкатка свободно вращающимися роликами осуществляется путем прижима роликов к обрабатываемой поверхности с усилием 1,5... 4 кН. Припуск под обкатывание 0,01... 0,02 мм.

Виброобкатывание заключается в наложении на деформирующий элемент (шарик, ролик, алмазный выглаживатель) колебаний ультразвуковой частоты. Это позволяет получить на поверхности различные виды микрорельефа с касающимися, не-касающимися и пересекающимися канавками. Износостойкость повышается в 1,5 ...2 раза, сокращается время приработки, исключается ряд финишных операций.

Совмещение процессов обработки поверхностей резанием и ППД состоит в одновременной обработке резанием под обкатывание и самообкатыванием при помощи комбинированных инструментов. При совмещении обкатывания с точением трудоемкость и себестоимость заметно снижаются по сравнению с раздельным точением и обкатыванием, а при добавлении шлифования выигрыш еще значительнее.

На рис. 18.1 приведена конструкция комбинированного инструмента, внедренного на многих предприятиях, для чистого растачивания и раскатывания стальных гидроцилиндров диаметром 50Н9 и длиной 340 мм на токарном станке. Применяемый инструмент — комбинация расточной головки с роликовой раскаткой. На оправку 6 навинчен корпус 5, в пазу которого установлен плавающий двухлезвийный расточный блок 3 с двумя твердосплавными пластинками 2 Крышка 1 предохраняет блок от выпадания при обратном ходе инструмента. В пазах корпуса установлены деревянные направляющие 4, которые обеспечивают надежное направление головки по отверстию гидроцилиндра. В сепараторе 11 установлены деформирующие ролики 7. Осевое усилие раскатывания воспринимается шарикоподшипником 8. Деформирующие ролики настраиваются с помощью гайки 9 и контргайки 10.

**Химико-термическое упрочнение.** Сущность этой обработки заключается в том, что при повышении температуры происходит диффузия атомов вещества, окружающего стальную деталь, в ее поверхностные слои, в результате чего изменяются химический состав и свойства поверхностных слоев. Химико-термическое упрочнение осуществляется следующими способами.

Цементация — процесс насыщения поверхностного слоя стальной детали углеродом. Этой операции подвергаются стальные детали с содержанием углерода до 0,3 %. После цементации детали закаливают для получения требуемой твердости (до HRC3 60) цементированной поверхности, причем сердцевина детали остается вязкой. Глубина слоя цементации обычно не превышает 1,2 мм.

Азотирование — процесс насыщения азотом поверхностного слоя (до 0,5 мм) легированных сталей (38ХМ10А, 35Х10А и др.). Повышается

тврдость поверхностного слоя (до HRC3 80), износостойкость и коррозионная стойкость.

Термическое упрочнение — поверхностная закалка углеродистой стали марок 40, 45, 50, низколегированной хромистой и марганцовистой сталей и серого чугуна. Нагревание поверхности детали до температуры закалки (800...950 °C) производят газокислородным пламенем с помощью инжекторной горелки (газопламенная закалка) и токами высокой частоты (ТВЧ). Охлаждение производится в воде или масле. Стальные детали, прошедшие поверхностную закалку, подвергают низкому отпуску при температуре 180...200°C в масляных ваннах. При закалке-ТВЧ чугунных направляющих металлорежущих станков твердость поверхности составляет HRC345...53, глубина закалки 3...4 мм.

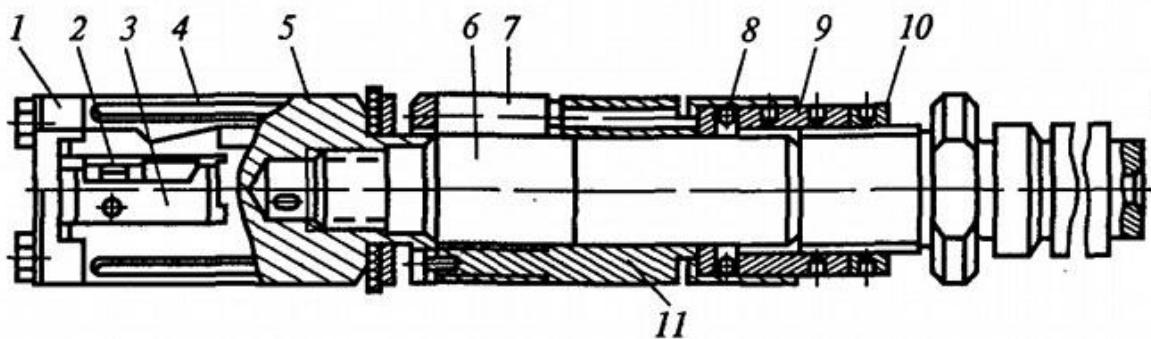


Рисунок 18.1 – Комбинированный инструмент для растачивания и раскатывания стальных гидроцилиндров:

1 — крышка; 2 — твердосплавные пластиинки; 3 — расточный блок; 4 — направляющие; 5 — корпус; 6 — оправка; 7 — деформирующий ролик; 8 — шарикоподшипник; 9 — гайка; 10 — контргайка; 11 — сепаратор

## **Лекция 19. Восстановление деталей пластмассовыми композициями. Восстановление деталей и ремонт оборудования kleевым методом**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о способах восстановления и ремонта деталей пластмассовыми композициями и kleевым методом.

**знать:** сущность и область применения процесса восстановления и ремонта деталей пластмассовыми композициями и kleевым методом.

### **Восстановление деталей станков пластмассовыми композициями**

Акрилат АСТ-Т, бутакрил, эпоксидно-акриловая пластмасса СХЭ-2 и некоторые другие пластмассовые композиции — это термопластичные массы холодного отвердения, состоящие из различных порошков и жидкостей; при их смешении образуется сметанообразная масса, быстро затвердевающая без подогрева и давления. Процесс отвердения сопровождается выделением теплоты.

Область применения таких пластмассовых композиций весьма широка. Они используются при ремонте изношенных деталей и сборочных единиц промышленного оборудования в качестве компенсаторов износа для восстановления нарушенных размерных цепей станков и машин. Пластмассовыми композициями восстанавливают: круговые направляющие станин карусельных станков; направляющие кареток токарных, фрезерных, расточных, зубофрезерных, зубострогальных, радиально-сверлильных и других станков; клинья и планки механизмов всех видов оборудования, в том числе механических прессов. Они также используются для ремонта подшипников, шпинделей револьверных головок токарно-револьверных станков, отверстий под пиноль задней бабки, резьбы гаек ходовых винтов, втулок, посадочных мест зубчатых колес и шкивов, деталей гидронасосов, кулисных механизмов и пр.

Затвердевшие пластинки из этих материалов износостойки, хорошо работают в паре с чугуном, сталью, бронзой. При этом коэффициент трения составляет 0,18, а при введении в композицию требуемого количества антифрикционного материала он уменьшается до 0,14.

В зависимости от состава пластмассовые композиции обладают различными физико-механическими свойствами и рабочими характеристиками (табл. 19.1).

Таблица 19.1 – Характеристики пластмассовых композиций

Характеристика	Акрилат АСТ-Т	Бутакрил	Пластмасса СХЭ-2
Адгезия, кг/см <sup>2</sup> :	165.. .215	110...200 100... 180 55... 100	225.. . 429 194.. .243 127.. . 169
к стали			
к чугуну	150.. . 193		
к латуни	68.. . 108		
Маслоопоглощение за 24 ч, %	0,372	0,4	0,203
Линейная усадка, %	0,2... 0,5	0,2 ...0,3	0,1...0,25
Минимальная толщина наносимого слоя, мм	0,5	1	0,2
Максимальная рабочая температура, при которой может быть использована композиция, °C	80	80	112
Время отвердения смеси порошка и жидкости при температуре 20...25 °C, мин	75	75	20... 120

Технологический процесс восстановления деталей пластмассовыми композициями состоит из следующих операций и переходов:

- 1) восстановление геометрической точности базовой (формующей) детали (станины, стола, планшайбы и пр.);
- 2) подготовка наращиваемой (формуемой) поверхности направляющих восстанавливаемой детали;
- 3) нанесение разделительного слоя на направляющие формующей детали;
- 4) обезжикивание и просушивание формуемых поверхностей деталей;
- 5) сборка и выверка координат ремонтируемой сборочной единицы;
- 6) герметизация сопрягаемых восстанавливаемых поверхностей и изготовление воронок;
- 7) подготовка пластмассовой композиции;
- 8) заливка пластмассовой композиции между сопрягаемыми поверхностями;
- 9) выбор режима отверждения пластмассовой композиции, т. е. температуры и длительности выдержки;
- 10) разборка сборочной единицы;

- 11) удаление затвердевших приливов пластмассовой композиции;
- 12) контроль качества восстановленной поверхности;
- 13) обработка отформованных поверхностей.

Качество подготовки поверхностей и выверка точности координат перед восстановлением влияют на качество и трудоемкость ремонта агрегата в целом. Чем точнее и чище обработаны формующие поверхности, тем качественнее получается сопрягаемая поверхность трения из пластмассовой композиции, а чем точнее осуществлена выверка сборочной единицы перед заливкой пластмассы, тем выше качество восстанавливаемых размерных цепей механизмов после отверждения последней. В результате исключаются операции дополнительной пригонки направляющих.

### **Восстановление станков деталей бутакрилом**

Бутакрил широко используют при ремонте изношенных деталей и узлов промышленного оборудования в качестве компенсатора износа при восстановлении нарушенных размерных цепей станков и машин. Изготовление бу-такрила осуществляется следующим образом. Порошок засыпают в чистую стеклянную, фарфоровую или металлическую посуду и заливают соответствующей жидкостью. Смесь тщательно перемешивают круговым движением в одну сторону в течение 1... 2 мин до набухания порошка в жидкости и образования массы сметанообразной консистенции. Для удлинения срока жидкотекучести массы соотношение порошка и жидкости можно менять в сторону увеличения количества жидкости.

При заливке полостей, подлежащих заполнению, во избежание образования в них пустот необходимо обеспечить выход воздуха. Заливку бутакрилом больших объемов можно производить слоями с учетом того, что последующий слой хорошо соединяется с ранее нанесенным и затвердевшим слоем (в этом случае смесь порошка с жидкостью должна готовиться частями — не более 200 г каждой). Процесс отверждения пластмассовой композиции происходит с выделением теплоты, поэтому рекомендуется при заливке больших объемов обеспечить ее хороший отвод.

Поверхности, подлежащие соединению с бутакрилом, должны иметь шероховатость в пределах  $Rz$  25...80. Соединяемые с помощью бутакрила детали или полость, куда должна быть залита масса, очищают, обезжиривают жидкостью — бензином, ацетоном или другими растворителями, а затем просушивают.

Те поверхности деталей, которые нужно изолировать от заливаемого бутакрила, следует покрывать силиконовым маслом, парафином, дисульфидом молибдена или натирать графитовым порошком. Практически весьма удобно натирать изолируемые поверхности бруском хозяйственного мыла и затем растирать тампоном (при этом образуется тончайший разделительный слой). Во избежание утечки жидкой массы из сквозных отверстий при заливке для герметизации применяют пластилин.

В целях правильного формирования поверхностей соединяемые детали должны быть неподвижно закреплены. Полное отверждение бутакрила в глубинных слоях наступает через 12... 15 ч. При пониженных температурах процесс отверждения замедляется. Бутакрил хорошо обрабатывается резанием, шлифуется и полируется.

**Восстановление клиньев.** Как показывает опыт, трудоемкость ремонта этих деталей восстановлением акрилопластом, например бутакрилом (рис. 19.1), сокращается примерно на 35...40 % по сравнению с трудоемкостью изготовления их заново.

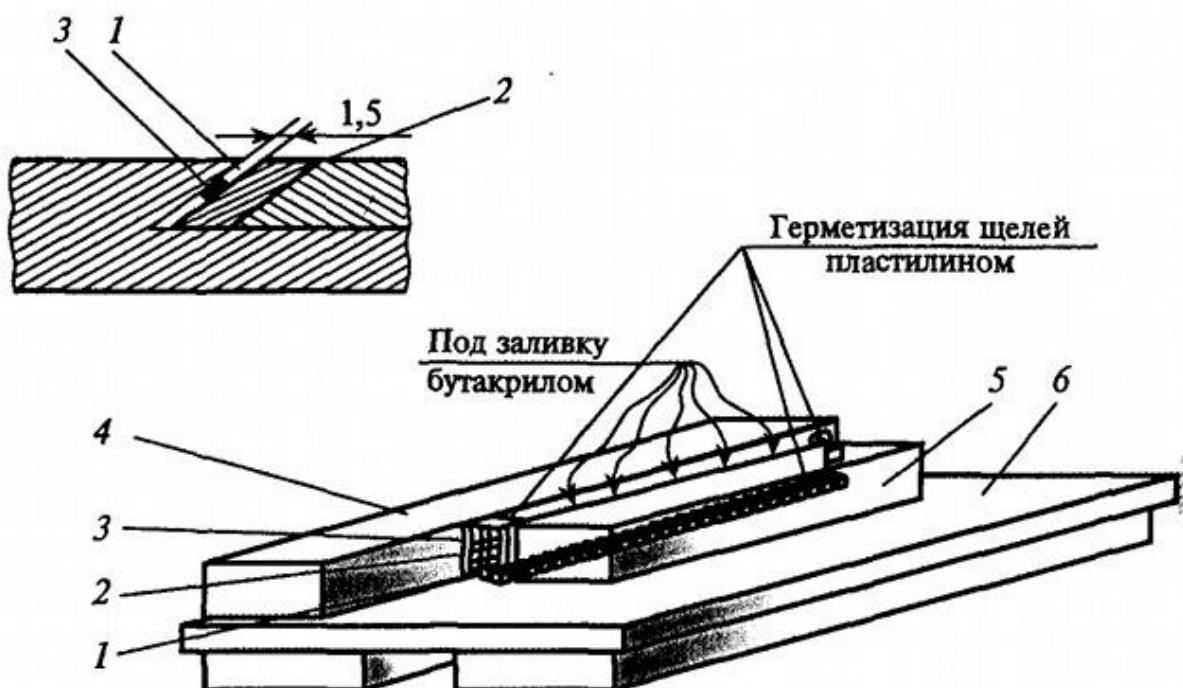


Рисунок 19.1 – Схема восстановления клина бутакрилом:  
1 и 2 — поверхности клина; 3 — концевые меры длины; 4 и 5 — бруски;  
6 — плита станка

**Восстановление прижимных планок.** При эксплуатации оборудования изнашиваются трущиеся поверхности планок и направляющих, образуется повышенный зазор, который при ремонте устраниют шабрением, строганием, шлифованием, установкой компенсационных накладок и другими способами. Наиболее рациональным является способ их восстановления бутакрилом, так как при этом полностью исключаются трудоемкие пригоночные операции, обеспечиваются хорошие условия эксплуатации, повышается долговечность сопряжения.

В целях создания слоя бутакрила рациональной толщины с трущейся поверхности прижимной планки 1 (рис. 19.2, а) строганием снимают слой металла толщиной до 15% номинальной высоты планки, но не менее 1,5 и не более 3 мм. Шероховатость поверхности должна соответствовать  $Rz$  80. Наращиваемую поверхность планки тщательно обезжиривают, а на

сопрягаемую поверхность направляющей наносят разделительный слой мыла. Раствор бутакрила приготовляют при соотношении компонентов 2:1.

На обезжиренную поверхность 2 наносят слой раствора толщиной около 0,5—1 мм и выдерживают в течение 10...15 мин (до тестообразного состояния). Эту операцию повторяют несколько раз, пока наращиваемый слой 3 бутакрила не окажется больше необходимого на 0,5...1 мм. Затем планку устанавливают на место и закрепляют винтами. При этом излишек акрилопласта выдавливается и автоматически устанавливается необходимое сопряжение. Ремонт планок заканчивают удалением приливов пластика и выполнением смазочных канавок. Таким способом восстанавливают прижимные планки 4 и 6 (рис. 19.2, б) ползунов 5 прессов, ползунов поперечно-строгальных станков и др.

В ряде случаев планки удобно восстанавливать, когда узлы собраны (например, планки ползунов прессов), а щели между клиньями и направляющими расположены вертикально. Для этого зазор герметизируют пластилином и затем делают воронку в верхней части щели. Отверстие воронки направляют к одной из сторон планки (по ширине), заполняя при этом щель раствором акрилопласта. Масса стекает у одного края щели и заполняет ее снизу вверх, что уменьшает возможность образования раковины.

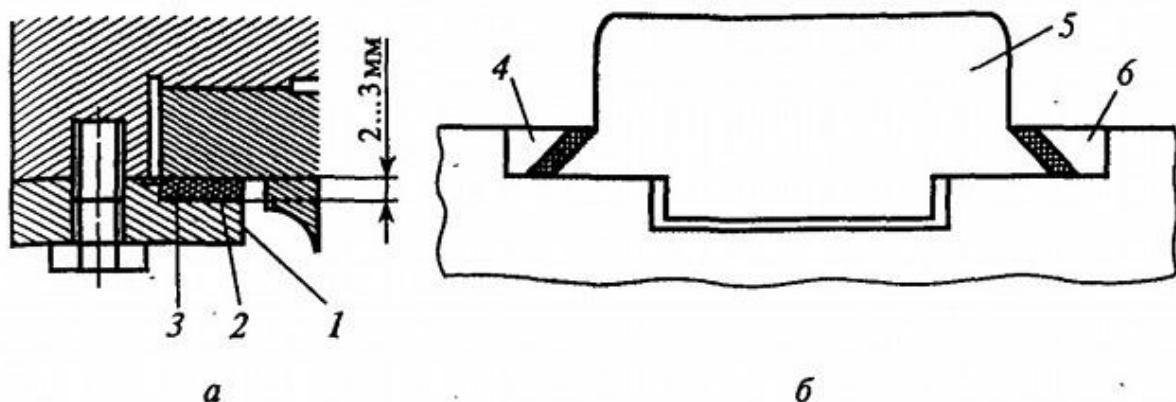


Рисунок 19.2 – Схемы восстановления бутакрилом прижимных планок:  
а — общая; б — ползунов прессов; 1, 4 и 6 — прижимные планки; 2 — обезжиренная поверхность; 3 — наращиваемый слой бутакрила; 5 — ползун пресса

### Меры безопасности при работе с пластмассовыми композициями

Быстроотвердевающие пластмассы нетоксичны, однако в процессе их приготовления выделяется резкий запах (в связи с этим приготовление пластмассовых композиций следует выполнять в вытяжном шкафу). Жидкий компонент следует хранить в герметично закупоренной посуде, а вспомогательные материалы (бензин, ацетон) — в специальной таре. При

подготовке композиций и заливке деталей необходимо соблюдать правила пожарной безопасности. Для защиты рук при приготовлении пластмассовых композиций рекомендуется применять резиновые перчатки и защитные пасты типа мази Селинского. Хранение и прием пищи, а также курение в рабочих помещениях запрещается.

### **Восстановление деталей и ремонт оборудования kleевым методом**

Клеевой метод широко применяют при ремонте оборудование для восстановления неподвижных соединений. Он отличается простотой технологии, низкой себестоимостью и обеспечивает прочность и достаточную надежность соединения. В большинстве случаев соединение деталей — компенсаторов небольшого износа возможно только склеиванием.

Клеевым способом выполняют многие виды работ: заделку трещин в корпусных деталях и накладку заплат; ликвидацию забоин и задиров на направляющих поверхностях оборудования; установку деталей — компенсаторов износа цапф, валов, шеек шпинделей<sup>^</sup> а также тонкостенных втулок в конусные отверстия шпинделей Ц пинолей задних бабок. Кроме того, этим методом восстанавливают резьбовые соединения и изношенные отверстия шкивов и маховиков; ремонтируют колодочные и конусные фрикционные муфты и т.д.

Клеевой шов практически непроницаем для многих веществ и не разрушается от воздействия кислорода, воды, минеральных масел. Склейенные детали можно обрабатывать на металорежущих станках с применением охлаждающей жидкости и всухую.

При ремонте применяют много различных клеев, отличающихся по составу и физико-механическим свойствам. Свойства и назначение синтетических клеев указаны в табл. 19.1.

Таблица 19.1 – Свойства и назначение синтетических клеев

Марка	Прочность на сдвиг при 20 °C, МПа	Назначение
<i>Фенольные клеи</i>		
БФ-2, БФ-4	30	Для склеивания металлов, текстолитов, аминопластов, стекла, древесины, фибры, фарфора, кожи; вибростоеек
БФ-6		Для склеивания тканей, резины, войлока между собой и для приклеивания их к металлам
ВК32-200	15	Для склеивания дюралюминия, сталей, стеклотекстолитов и пенопластов
ВС-350	18	
ВС-10Т	18	

Марка	Прочность на сдвиг при 20 °С, МПа	Назначение
ВС-ЮМ	20	Для склеивания металлов, стеклотекстолитов и текстолита в
КР-4, КБ-3	—	Для склеивания пластмасс, древесины, текстильных материалов
<i>Эпоксидные клеи</i>		
ЭД-5, ЭД-6		Для склеивания металлов, винипласти, оргстекла, фарфора, керамики, древесины, пластмасс, приклеивания вулканизированной резины к металлам
ВК32-ЭМ	25	Для склеивания сталей, дюралюминия между собой и с пенопластами; стойкий в различных климатических условиях
ВК-7	7,5	Для склеивания сталей, алюминиевых и титановых сплавов, работающих при температуре от —60 до +250 °С
Л-4	4,0	Для контрьки резьбовых соединений, склеивания металлов между собой и со стеклопластиками в узлах несилового назначения
<i>Полиамидные клеи</i>		
ПФЭ-2/10	6,0	Для склеивания металлов, текстолита, древесины, капронового волокна, полиамидных пленок, кожи
МПФ-1	17,5	Для склеивания металлов друг с другом и с неметаллическими материалами. Эластичный, обладает длительной прочностью
<i>Полиуретановые клеи</i>		
ПУ-2	14	Для склеивания сталей, алюминиевых сплавов между собой и с неметаллическими материалами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стойкий в различных климатических условиях

Марка	Прочность на сдвиг при 20 °C, МПа	Назначение
<i>Перхлорвиниловые клеи</i>		
Д-10; М-10	—	Для склеивания поливиниловых пластиков между собой и с металлами
«Лейкопат» Б-10	—	Для приклеивания невулканизированной резины к металлам
ХВК-2а	—	Для приклеивания винипласта, тканей и пластиков к металлам
<i>Глифталевые клеи</i>		
АМ	—	Для склеивания стекла, приклеивания теплоизоляции к металлам
ИП-9	—	Для склеивания силиконовой резины с металлами
<i>Металлические клеи</i>		
Мекладин		Для склеивания металлов, керамики, органических полимеров и пр.; электропроводен, выдерживает нагрев до 800 °C
<i>Фосфатные клеи</i>		
Алюмофосфатный клей		Для склеивания стекла, металлов (никеля, молибдена, вольфрама, титана, tantalа), ситалла, керамики, работающих при температуре от —60 до +1400 °C
<i>Эпоксидно-фурфурально-ацетатные клеи</i>		
БОВ-1		
БОВ-2	—	Для склеивания металлов и пластмасс; химически стойкие, теплостойкие

Технологический процесс склеивания эпоксидным kleem включает операции, выполняемые в такой последовательности:

- 1) подготовка поверхностей под склеивание, т.е. обработка их на металорежущем станке, зачистка и обезжиривание;
- 2) подготовка kleя;
- 3) нанесение kleя на склеиваемые поверхности;
- 4) совмещение склеиваемых поверхностей;
- 5) удаление излишков kleя с деталей;
- 6) выдержка соединенных деталей в соответствии с выбранным режимом (температура, длительность и т.д.);
- 7) контроль качества kleевого шва;

## 8) обработка деталей после склеивания.

Гладкие поверхности деталей перед склеиванием зачищают наждачной бумагой № 80... 150, а затем протирают тампоном из светлой ткани, смоченным растворителем (авиационным бензином Б-30, ацетоном или спиртом). Протирку заканчивают, когда на тампоне, проведенном по обезжиренной поверхности, не останется темных следов. Особенно тщательно необходимо обезжиривать поверхности чугунных деталей.

Наиболее простым способом контроля качества подготовленной к склеиванию поверхности является проба каплей воды: поверхность подготовлена качественно, если вода расплывается и смачивает ее. В этом случае сцепление подготовленной поверхности с эпоксидным kleем будет хорошим.

Если нужно получить менее прочное соединение (например, в случае посадки втулок, которые при последующем ремонте вы-прессовывают, или при установке в изношенное гнездо корпуса подшипников качения, которые также в дальнейшем разбирают), посадочные поверхности в корпусных деталях готовят к склеиванию менее тщательно.

Подготовку поверхностей заканчивают за 15 мин до склеивания (это необходимо для того, чтобы с поверхностей обезжиренных деталей испарился растворитель); к обезжиренным поверхностям нельзя прикасаться руками.

После подготовки на склеиваемые поверхности наносят слой клея толщиной около 0,1 мм. Склейваемые плоские поверхности должны по возможности находиться в горизонтальном положении, чтобы клей не стекал с них. Те участки поверхностей, которые не подлежат склеиванию, покрывают разделительным слоем воска или мыла.

Совмещение поверхностей деталей при склеивании должно быть таким, чтобы обеспечивалось точное наложение их друг на друга, а также вытеснение пузырьков воздуха из пространства между склеиваемыми поверхностями, равномерное распределение клея по шву, исключение самопроизвольного смещения одной детали относительно другой во время затвердевания клея. При склеивании эпоксидным kleem соединяемые тонкие детали рекомендуется прижать друг к другу под давлением до 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>).

При ремонте и восстановлении деталей kleевым методом следует предпринимать такие же меры безопасности, как при работе с пластмассовыми композициями.

## Лекция 20. Ремонт деталей и сборочных единиц с подшипниками качения

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о способах восстановления и ремонта деталей пластмассовыми композициями и клеевым методом.

**знать:** сущность и область применения процесса восстановления и ремонта деталей пластмассовыми композициями и клеевым методом.

Если неисправности сборочных единиц с подшипниками качения нельзя устранить регулированием, производят их ремонт. Его начинают с разборки, которую выполняют с помощью съемников. Промытые детали тщательно осматривают с целью проверки признаков усталостного износа беговых дорожек и тел качения. При обнаружении такого износа подшипник обязательно заменяют.

Замене подлежат также подшипники с выкрошенными бортами, деформированными сепараторами, ржавчиной на рабочих и посадочных поверхностях.

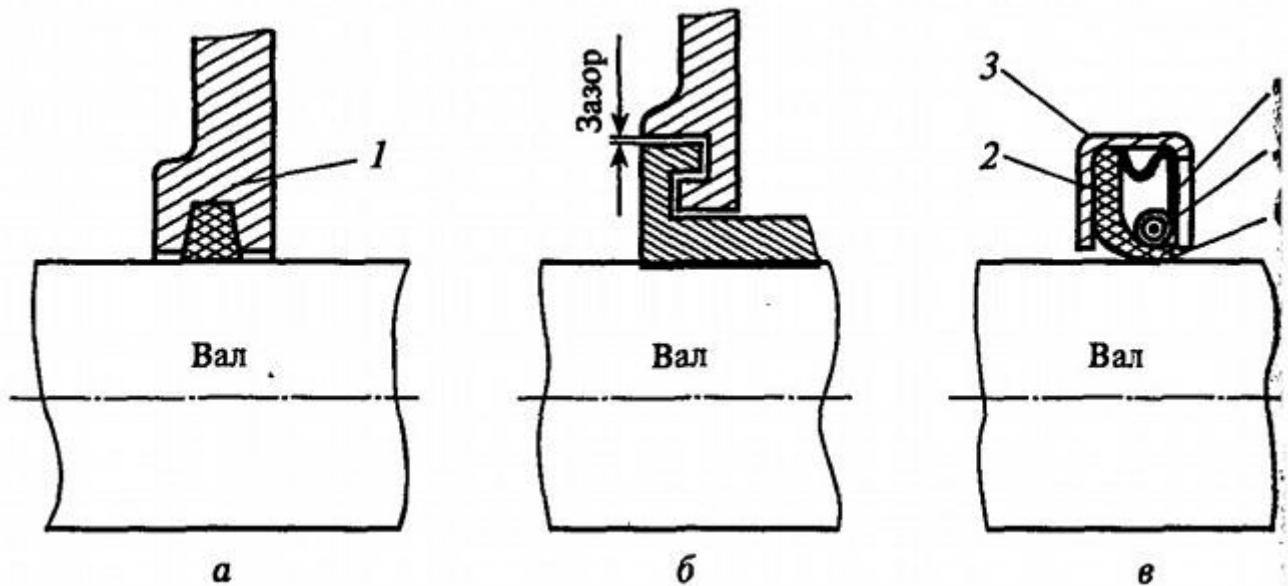


Рисунок 20.1 – Уплотняющие устройства подшипников качения:  
а — фетровое; б — лабиринтное; в — манжетное; 1 — фетровое кольцо; 2 — манжета; 3 — металлический кожух; 4 — пружинная шайба; 5 — пружина;  
6 — уплотняющая кромка

В ремонтных цехах предприятий подшипники качения, как правило, не ремонтируют. Здесь только восстанавливают посадочные поверхности деталей, сопрягаемых с подшипниками (т.е. корпусов и валов), применяя наплавку, хромирование, накладки на эпоксидном клее и другие способы. Практикуется также использование компенсирующих втулок, которые устанавливают (прессованием или на клей) в корпус подшипника или на

шейку вала в зависимости от характера и значения износа, а также размеров деталей.

Загрязненные фетровые уплотнения, служащие для защиты подшипников от действия внешней среды, а не в качестве препятствия против вытекания смазки, нужно хорошо промыть в чистом керосине, а изношенные заменить. Необходимо, чтобы в этих уплотнениях войлочные и фетровые кольца 1 (рис. 20.1, а) прилегали к шейкам вала умеренно плотно (проверяют щупом толщиной 0,1 мм, который не должен проходить в зазор). Очень плотная установка кольца вызывает повышенное трение, что влечет за собой усиленный нагрев шейки вала и подшипников.

Лабиринтные уплотнения (рис. 20.1, б), имеющие то же назначение, что и фетровые, должны иметь кольцевые канавки со стенками без выбоин и вмятин. Нормальный зазор в радиальном направлении — 0,3 ...0,6 мм, а в осевом — 1,5... 3 мм.

Уплотнения манжетного типа (кожаные, резиновые и др.) должны плотно охватывать вал и правильно закрепляться. Щуп толщиной 0,1 мм должен проходить между манжетой и валом с трудом (свободное проникновение щупа в зазор свидетельствует о наличии износа). Манжета 2 (рис. 20.1, в), изготовленная из резины или кожи, помещается в металлический кожух 3 и закрепляется пружинной шайбой 4. Кромки манжеты обжимаются пружиной 5, благодаря чему поддерживается постоянное и равномерное давление уплотняющей кромки 6 манжеты на вращающийся вал.

Материал манжеты для повышения износостойкости обрабатывают специальным химическим составом. Манжетные уплотнения служат для защиты подшипников от попадания в них посторонних частиц, а также препятствуют вытеканию смазки. В соответствии с этим их устанавливают двумя способами: уплотняющая кромка манжеты направлена в противоположную от подшипника сторону; та же кромка обращена в сторону подшипника.

В ряде механизмов предусмотрено регулирование подшипниковых опор для устранения зазоров, отрицательно влияющих на работу оборудования. При регулировании натяга конических роликоподшипников в коробках скоростей и коробках подач металлообрабатывающих станков (рис. 20.2, а) болтом 2 поджимают диск 7, который, в свою очередь, смещает наружное кольцо 4 подшипника в корпусе 3 (так устраниют зазор между роликами и кольцами). Есть конструкции (рис. 20.2, б), в которых имеется специальная гайка 5, предназначенная для регулирования зазора. Регулирование осуществляют аккуратно, создавая умеренный натяг подшипников без заметного люфта, но исключая защемление тел качения. Контролируют регулировку вращением вала, которое должно быть относительно легким и плавным. Добившись необходимого положения, регулирующие детали закрепляют фиксаторами, предусмотренными конструкцией сборочной единицы.

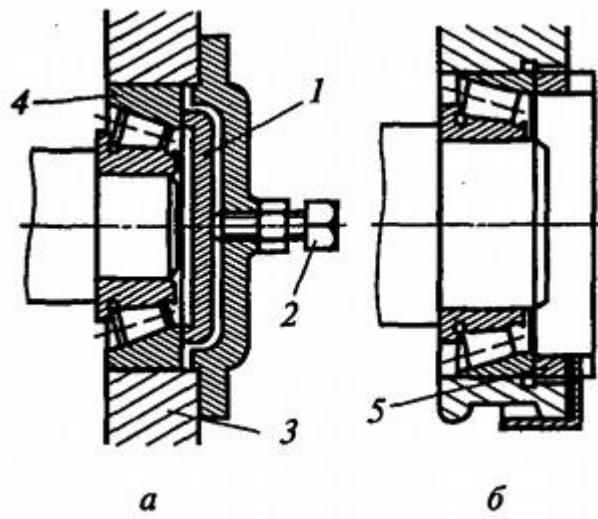


Рисунок 20.2 – Схемы регулирования натяга конических роликоподшипников:  
а — болтом; б — гайкой; 1 — диск; 2 — болт; 3 — корпус; 4 — кольцо; 5 — гайка

### Ремонт опоры качения шпинделей

ШпинNELи станков должны вращаться с высокой точностью, поэтому к точности и жесткости подшипников качения, которые используются в шпиндельном узле, также предъявляются высокие требования. Ремонт и сборку этих узлов производят с предварительным натягом строго в соответствии с техническими требованиями.

Выбор класса точности подшипника определяется допуском на биение конца шпинделя, которое зависит от требуемой точности обработки (обычно в передней опоре применяют подшипники более высокого класса точности, чем в задней).

Правильный выбор радиального зазора имеет исключительное значение для нормальной работы подшипника и сборочной единицы в целом. Если вместо зазора в подшипнике создать чрезмерный натяг и шарики или ролики после посадки подшипника на рабочее место будут слишком зажаты между кольцами, то подшипник будет нагреваться, работать с шумом и преждевременно выйдет из строя. И наоборот, при слишком большом рабочем зазоре вал будет сильно вибрировать, и работа подшипников будет также сопровождаться вибрацией с характерным шумом. Существуют самые разнообразные конструктивные исполнения шпиндельных сборочных единиц, позволяющие устранять радиальные и осевые зазоры между телами качения и создавать предварительный натяг.

Особенность шариковых и роликовых подшипников качения состоит в том, что их жесткость может быть значительно повышена с помощью особого, называемого предварительным натягом, регулирования, что является положительным свойством, особенно в точных механизмах

металлорежущих станков. Сущность предварительного натяга заключается в том, что подшипник тем или иным способом получает предварительную нагрузку, которая не только ликвидирует в нем зазоры, но и вызывает некоторую упругую деформацию рабочих поверхностей. Практика применения предварительного осевого натяга в том случае, когда в парном комплекте радиальных или радиально-упорных подшипников создается взаимно расклинивающее их осевое усилие, повышает точность вращения шпинделя и жесткость подшипников. Предварительный натяг комплекта подшипников в каждой из опор шпинделя осуществляют осевым смещением одного из колец (наружного или внутреннего) относительно другого с помощью регулировочной гайки или крышки, установкой колец или втулок разной ширины между парой скомплектованных подшипников или с помощью пружин (быстроходные подшипники внутришлифовальных шпинделей).

В роликоподшипниках серии 3182100 (рис. 20.3) предварительный натяг регулируется за счет деформации (расширения) внутренних колец при напрессовке на конический участок вала, например в специальных шпиндельных механизмах. Указанный роликоподшипник состоит из внутреннего 4 и наружного 3 колец, цилиндрических роликов 2 и сепаратора (на рисунке не показан). Отверстие внутреннего кольца выполнено с конусностью 1:12, что позволяет монтировать подшипник на конической шейке вала. Наружная поверхность кольца 4 снабжена бортиками, образующими две дорожки для точного направления коротких цилиндрических роликов. Ролики в обоих рядах укреплены в гнездах сепаратора, при этом один ряд сдвинут относительно другого на полшага, образуя шахматное расположение. Благодаря последнему, а также большому количеству роликов в подшипнике достигается наилучшее распределение внешней нагрузки. Наружное кольцо подшипника имеет одну общую цилиндрическую дорожку без бортов, по краям которой для облегчения сборки сделаны скосы. Сопряжение подшипника с конусной шейкой шпинделя позволяет регулировать радиальный зазор осевым перемещением внутреннего кольца подшипника по конической поверхности шпинделя; при этом кольцо расширяется, уменьшая зазор между телами качения, и повышает жесткость сборочной единицы.

Для шпинделей универсальных станков с максимальной частотой вращения до 2000 об/мин рекомендуется регулировать подшипники таким образом, чтобы посадочный радиальный зазор не превышал 0,005 мм. Не допускается регулировать подшипник при значительном ослаблении гайки, ориентируясь только по радиальному зазору, потому что при этом трудно установить расчетный зазор или натяг, так как при дожатии появляется скачкообразное перемещение кольца по конической поверхности, исключающее плавное увеличение его диаметра.

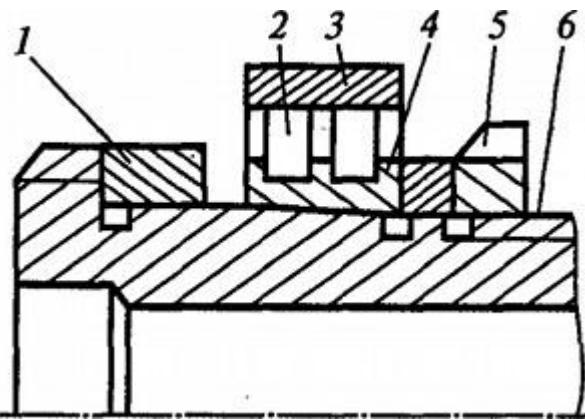


Рисунок 20.3 – Схема регулирования предварительного натяга роликоподшипника серии 3182100: 1 — кольцо; 2 — ролики; 3 — наружное кольцо; 4 — внутреннее кольцо; 5 — гайка; 6 — шпиндель

### Дуплексация подшипников качения

Во многих типах современных металлорежущих станков шпиндели монтируют на шариковые радиально-упорные и конические роликоподшипники, собираемые с предварительным натягом при парной установке. Предварительный натяг радиально-упорных шарикоподшипников осуществляют разными способами: подшлифовыванием торцов 3 внутренних или наружных колец (рис. 20.4, а); установкой дистанционных колец 1 разной ширины (рис. 20.4, б) или пружины 2 (рис. 20.4, в) и обеспечивающих постоянство предварительного натяга.

При подборе комплекта подшипников необходимо создать плотный контакт между телами качения, установив оптимальную упругую деформацию (после этого измеряют расстояния между торцами колец и по результатам точно изготавливают дистанционное распорное кольцо или шлифуют и доводят выступающие торцы колец подшипников). Для точного измерения относительны осевых смещений колец радиальных шарикоподшипников, а так же радиально-упорных шарико- и роликоподшипников, собираемых с предварительным натягом, служат специальные приборы и приспособления.

Возможные дефекты подшипниковых узлов и способы их устранения рассмотрены в табл. 20.1.

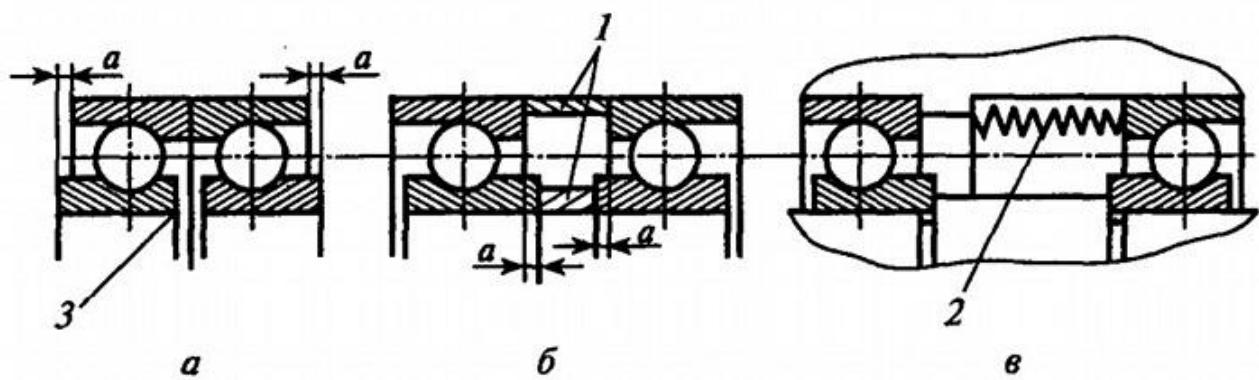


Рисунок 20.4 – Способы создания предварительного натяга радиально-упорных шарикоподшипников:

а - подшлифовыванием торцов внутренних или наружных колец; б — установкой дистанционных колец; в — установкой пружины; 1 — дистанционные кольца; 2 — пружина; а - расстояние между торцами колец

Таблица 20.1 – Дефекты узлов с подшипниками качения и способы их устранения

Дефект	Причины	Способ устранения
Повышенный нагрев	Недостаточная смазка	Добавить смазочный материал
	Зашемление тел качения из-за чрезмерного натяга	Отрегулировать натяг
	Несоосность посадочных поверхностей на валу и в корпусе	Устранить несоосность
	Загрязнение подшипника из-за выхода из строя уплотнения	Подшипник промыть, уплотнение заменить. При обнаружении цветов побежалости на кольцах и телах качения подшипник заменить
Шелушение рабочих поверхностей и тел качения	Усталость материала	Подшипник заменить
Увеличенные радиальный и осевой зазоры в подшипнике	Износ рабочих поверхностей	Допустимое увеличение зазоров по сравнению с начальным для опор шпинделей до 25 %;

Дефект	Причины	Способ устранения
		при больших зазорах подшипник заменить. Подшипник серии 3182100 допускает регулировку
Треугольные сколы, забоины, риски на рабочих поверхностях	Перегрузка. Чрезмерно плотная посадка. Попадание посторонних частиц из-за плохого уплотнения	Подшипник заменить
Повышенный шум	Повреждение тел качения. Защемление тел качения из-за неправильной регулировки	Подшипник заменить. Отрегулировать натяг
	Износ посадочных поверхностей на валу и в корпусе	Отремонтировать посадочные поверхности
	Отсутствие смазочного материала	Обеспечить подачу смазочного материала
Повреждение сепаратора	Попадание посторонних частиц	Подшипник заменить
Заедание подшипника при вращении от руки	Недостаточная смазка. Попадание посторонних частиц из-за плохого уплотнения	Промыть; если дефект не устранился, заменить подшипник
Нарушение посадки подшипника	Износ посадочных мест или колец подшипника	Отремонтировать шейку вала или отверстие в корпусе
Уплотняющие устройства не обеспечивают уплотнения	Загрязнение или износ уплотняющих устройств	Загрязненные уплотнения промыть в керосине, изношенные — заменить
Ржавчина на рабочих поверхностях подшипника	Попадание влаги или агрессивных веществ из-за плохого уплотнения	Зачистить, уплотнения заменить. При наличии раковин подшипник заменить

## **Лекция 21. Ремонт шкивов, ременных передач**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о дефектах и способах ремонта шкивов, ременных передач;

**знать:** технические требования, предъявляемые к шкивам; дефекты и способы устранения шкивов; дефекты и способы устранения ременных передач;

**уметь:** составить порядок сборки ременных передач.

### **Ремонт шкивов и ременных передач**

Ременные передачи, являющиеся одним из видов гибкой передачи, широко распространены. По сравнению с другими видами механических передач они позволяют наиболее просто и бесшумно передать крутящий момент от двигателя или промежуточного вала к рабочему органу станка в достаточно широком диапазоне скоростей и мощностей. Ремень охватывает два шкива, насаженных на валы. Нагрузка передается силами трения, возникающими между шкивом и ремнем вследствие натяжения последнего.

К шкивам (рис. 21.1) предъявляются следующие технические требования:

рабочая поверхность шкивов не должна иметь повреждений; канавки под клиновой ремень должны иметь одинаковый размер и расположение.

Контроль осуществляется с помощью шаблона, глубиномера или посредством двух роликов, вкладываемых в канавки с противоположных сторон; шероховатость рабочих поверхностей  $R_a < 2,5 \text{ мкм}$ ;

радиальное биение рабочей поверхности и биение торцов обода шкива относительно оси посадочного отверстия не должны превышать допустимых;

5. При скорости  $v > 5 \text{ м/с}$  шкив должен быть отбалансирован. Дефекты шкивов и способы их устранения приведены в табл. 24.

Передаточное число ременной передачи подсчитывается как отношение диаметров ведомого и ведущего шкивов:

В приводах машин применяют плоские, клиновые и круглые ремни. Плоские ремни могут быть кожаными, хлопчатобумажными цельноткаными и сшитыми, ткаными шерстяными и прорезиненными, пленочными.

Плоскоременные передачи различают открытые, перекрестные и полуперекрестные. В открытой передаче (рис. 21.2, а) валы параллельны друг другу и шкивы врачаются в одном направлении. В перекрестной передаче (рис. 21.2, б) валы также параллельны, но шкивы врачаются в разных направлениях. В полуперекрестной передаче оси валов расположены в

разных плоскостях под углом друг к другу (рис. 21.2, в).

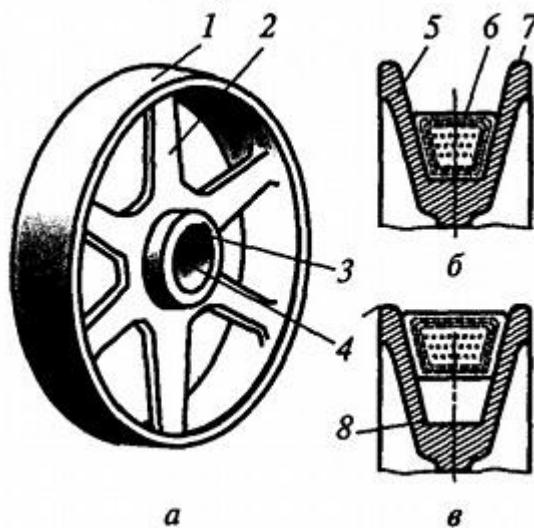


Рисунок 21.1 – Шкивы для плоских (а), клиновидных (б) ремней и правильное расположение ремня в канавке (в):

1 — обод; 2 — спица; 3 — шпоночный паз; 4 — посадочное отверстие; 5 — стенка; 6 — ремень; 7 — буртик; 8 — дно канавки

Таблица 21.1 – Дефекты шкивов и способы их устранения

Дефект	Способ устранения
Износ посадочного отверстия ступицы шкива	Отверстие растачивают под ремонтную втулку, устанавливаемую на прессовой посадке либо на kleю
Износ торцов ступицы	Торец ступицы протачивают и устанавливают компенсирующие кольца
Износ рабочей поверхности шкива плоскоременной передачи	Изношенный в результате проскальзывания ремня шкив протачивают до получения правильной формы. При этом изменение передаточного отношения может быть ликвидировано протачиванием второго шкива на определенный размер
Износ рабочих поверхностей канавок под клиновые ремни	В результате износа канавок из-за проскальзывания ремня изменяется расчетный диаметр $d_p$ и передаточное отношение. При значительном износе ремень ложится на дно канавки и не заклинивается в ней. В этом случае дно канавки протачивают с углублением боковых сторон (рис. 67, в)
Изломы, трещины, раковины обода, ступицы, спиц	Разделка места под заварку и заварка (способ заварки выбирают с учетом материала, из которого изготовлен шкив). При значительных сколах и отломах изготавливают наделку, которую затем приваривают на предварительно подготовленное место
Износ шпоночного или щлицевых пазов ступицы, резьбовых отверстий под крепежные детали	См. ремонт соответствующих соединений (табл. 14, 16, 17)

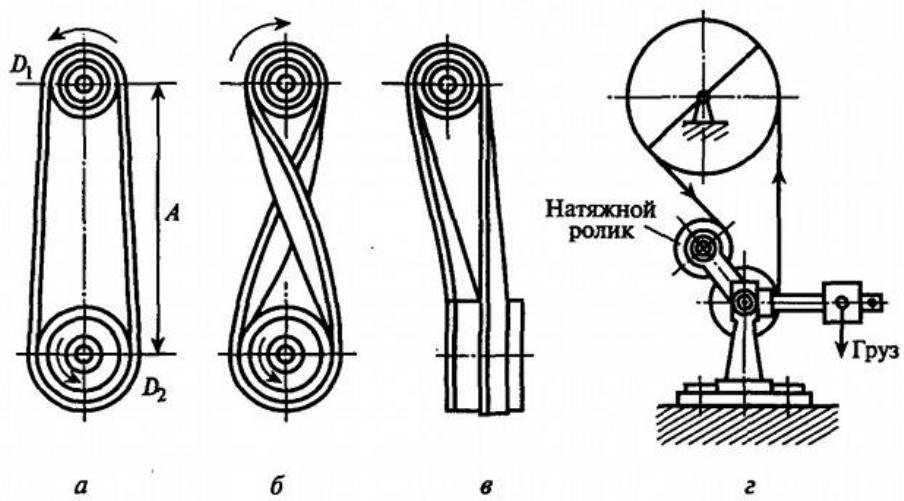
Углы, соответствующие дугам, по которым касаются ремень и шкив, называют углами обхвата. Для уменьшения скольжения ремня вследствие недостаточного трения из-за небольшого угла обхвата применяют натяжной ролик (рис. 21.2, г), представляющий собой промежуточный шкив на шарнирно укрепленном рычаге. Под действием груза на длинном плече рычага ролик нажимает на ремень, натягивая его и увеличивая угол обхвата ремнем большого шкива. Натяжной ролик, диаметр которого не должен быть меньше диаметра малого шкива, следует устанавливать у ведомой ветви не слишком близко к шкивам.

Клинеременные передачи широко распространены, так как просты и надежны в эксплуатации. Основное их преимущество перед плоскоременными — лучшее сцепление ремней со шкивом и их относительно малое скольжение, а также меньшие габаритные размеры.

На рис. 21.3, а показана клинеременная передача, прорезиненные ремни которой имеют трапециoidalный профиль, а шкивы — соответствующие канавки.

Поликлиновые ремни (рис. 21.3, б), имеющие несколько клиновых выступов на внутреннем диаметре, по сравнению с клиновыми обеспечивают более равномерное распределение нагрузки по ширине шкива, большую стабильность передаточного числа и снижение вибраций, а также допускают применение шкивов меньших размеров.

Для большей гибкости, особенно необходимой при работе с большими скоростями и малыми диаметрами шкивов, применяют клиновые ремни с зубьями (рис. 21.3, в), расположеннымными поперек ремня на внутренней, а иногда — на наружной его поверхности.



*a — открытая; б — перекрестная; в — полуперекрестная; г — с натяжным роликом;  
A — межцентровое расстояние между шкивами; D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub> — диаметры ведущего  
и ведомого шкивов*

Рисунок 21.2 – Передачи плоским ремнем

*В зубчатоременной передаче* (рис. 21.3, г), имеющей зубчатые ремень и шкив, отсутствует проскальзывание. Зубчатые ремни не вытягиваются и обладают высокой прочностью за счет основного несущего элемента — металлического или синтетического троса. В станках эту ременную передачу часто используют для обеспечения постоянства передаточного числа при меньшем натяжении ремней.

Клиновые, поликлиновые и зубчатые ремни нельзя удлинять или укорачивать, они должны иметь определенную длину. Для клиноременных приводов общего назначения предусмотрено семь сечений клиновых ремней, имеющих обозначения О, А, Б, В, Г, Д и Е (буквой О обозначено самое малое сечение).

Валы, на которых расположены шкивы ременной передачи, должны быть параллельны между собой. Параллельность проверяют по торцам насаженных шкивов, которые должны находиться в одной плоскости, что определяют с помощью линеек при близком расположении шкивов (рис. 21.4, а) или шнуром. Шнур закрепляют на одном из шкивов (рис. 21.4, б), отводят в сторону (точка 7) и затем, натянув, медленно подводят к торцу второго шкива (точка II). Если при этом шнур коснется всех точек, как показано на рисунке, шкивы установлены правильно. При нахождении шнуря на расстоянии К (рис. 21.4, в) от торца шкива необходимо один из шкивов смешать в осевом направлении для того, чтобы они расположились параллельно. Если расстояние К окажется неравномерным, это означает, что оси валов не параллельны (при перекосе)

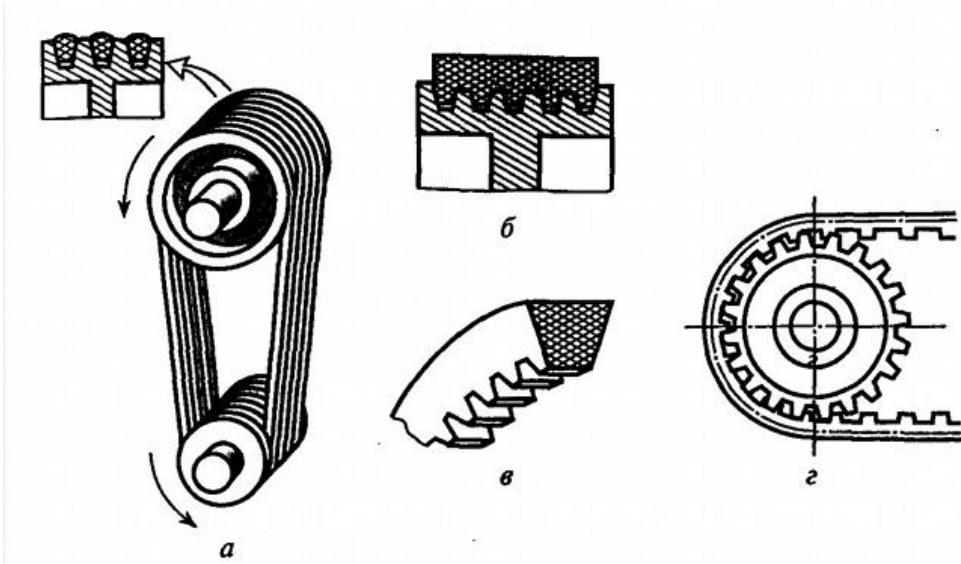


Рисунок 21.3 – Клиновременная (я), поликлиновременная (б), клиновременная с зубьями (в) и зубчатоременная (г) передачи

Правильная установка шкивов -А условие нормальной работы ременной передачи, так как от нее зависит размещение ремня посередине ободов. Для

более устойчивого положения плоского ремня посередине шкива делают выпуклость (при вращении плоский ремень стремится занять наиболее высокое положение и центрируется по шкиву).

При опробовании ременной передачи ремень может оказаться на краю обода шкива или даже соскочить с него. Возможные причины этого различны: оси шкивов не параллельны; не совмещены торцы шкивов, несмотря на одинаковую ширину ободов; велико биение шкивов; ремень слабо натянут или слабо сшит.

Недостатки в работе ременной передачи устраниют соответствующей регулировкой. Чтобы довести до нормы чрезмерное биение плотно посаженного на вал шкива, последний снимают с вала и подвергают токарной обработке. Шкивы клиноременной передачи устанавливают и выверяют так же, как и шкивы плоскоременной.

Перекос более  $1^\circ$  у шкивов под клиновидные ремни ведет к усиленному одностороннему износу ремней, а также канавок шкивов.

Для передач с несколькими ремнями на одном шкиве необходимо тщательно подбирать комплекты ремней по длине. Проконтролировать натяжение ремней можно непосредственно на собранной передаче с помощью специального приспособления (рис. 21.5), определяя длину ремней по разности стрел прогиба. Отклонение длины ремней в одном комплекте не должно превышать допуска, указанного в ГОСТ 1284.1—80.

При разности длин ремней в комплекте даже в пределах 1... 2 мм не обеспечивается равномерная нагрузка на каждый ремень, что вызывает быстрый износ перегруженных ремней и канавок шкивов и, как следствие, частую замену комплекта ремней и ремонт шкивов.

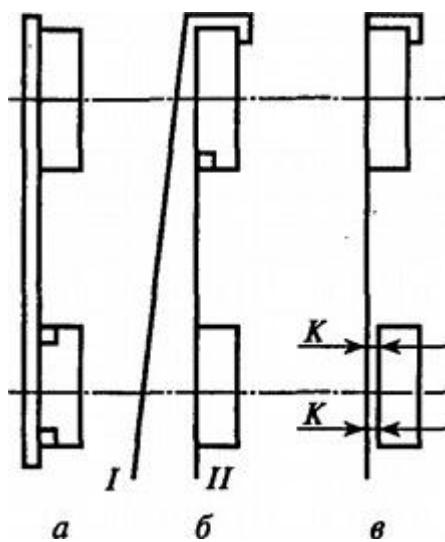


Рисунок 21.4 – Схемы проверки установки шкивов на валы с помощью линейки (а) и шнуром (б, в)

Для передач с несколькими ремнями (на одном шкиве) необходимо тщательно подбирать комплекты ремней по длине. Это можно выполнить непосредственно на собранной передаче приспособлением (рис. 21.5), определяя длину по разности стрел прогиба. Отклонение длины ремней в одном комплекте не должно превышать допуска, указанного в ГОСТ 1284—68. Разная длина ремней в комплекте даже в пределах 1—2 мм не обеспечивает равномерной нагрузки на каждый ремень, что вызывает быстрый износ перегруженных ремней и канавок шкивов, частую замену комплекта ремней и ремонт шкивов.

Натяжение клиновидных ремней должно быть умеренным. Когда ремни сильно натянуты, возрастают нагрузка на оси и упругая деформация валов, в результате чего ускоряется износ подшипников, поломка валов в результате усталостного износа и более интенсивно растягиваются ремни. Слабо натянутые ремни проскальзывают по канавкам шкивов, сильно нагреваются, в результате быстрее изнашиваются и поверхности канавок, и ремни.

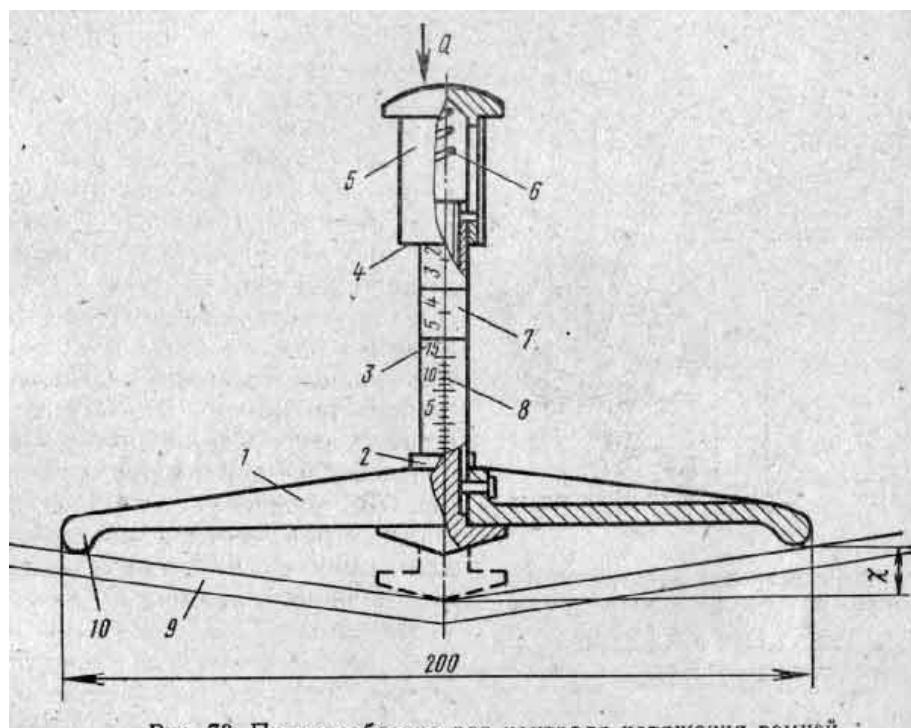


Рисунок 21.5 – Приспособление для контроля натяжения ремней

Натяжение ремней регулируют специальными устройствами, как правило, имеющимися в ременных передачах (рис. 21.4, а, б), а контролируют натяжение приспособлением, показанным на рис. 21.5. Для контроля натяжения ремней отводят установочное кольцо 2 в исходное положение — до упора в планку 1. Затем приспособление прикладывают бортиками 10 к ветви ремня 9, располагая примерно посередине длины между осями валов. Нагружают ветвь посредством колпачка 5 с защитной насадкой 4, пружины 6 и стержня 3.

При нагружении следят, чтобы торец колпачка совмещался с определенным значением (кгс) на шкале 7. При этом стержень, перемещаясь в отверстии планки 1, образует стрелу прогиба ветви ремня, по которой судят о состоянии натяжения. Высоту стрелы прогиба определяют в мм по показанию на шкале 8, на котором остановилось кольцо 2 при нагружении ветви.

Таблица 21.1 – Дефекты ременных передач и способы их устранения

Дефект	Причина	Способ устранения
<b>Проскальзывание ремня</b>	<b>Недостаточное натяжение ремня вследствие его вытягивания</b>	<b>Увеличить натяжение ремня</b>
<b>Повышенный нагрев ремня и шкивов</b>	<b>Ремень натянут излишне сильно</b>	<b>Ослабить натяжение ремня</b>
<b>Плоский ремень сходит со шкивов</b>	<b>Непараллельность осей шкивов</b>	<b>УстраниТЬ непараллельность осей валов</b>
Дефект	Причина	Способ устранения
	Несовмещение плоскостей шкивов	Отрегулировать совмещение плоскостей торцов шкивов
Плоский ремень сходит со шкивов	Значительное радиальное или торцовое биение шкива	Перепрессовать шкив на валу; устраниТЬ биение протачиванием шкива; проверить и при необходимости устраниТЬ дисбаланс
	Недостаточное натяжение ремня	Увеличить натяжение
	Ремень сшит косо	Перешить ремень
Повышенный нагрев натяжного или оттяжного ролика	Отсутствует смазка в подшипниках ролика. Износ или поломка подшипников ролика	Смазать подшипники ролика. Подшипники ролика заменить

## **Лекция 22. Ремонт соединительных муфт**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о дефектах и способах ремонта соединительных муфт;  
**знать:** виды дефектов соединительных муфт и способы их устранения.

В механизмах промышленного оборудования используются различные соединительные муфты: одни служат для соединения двух соосно расположенных валов или валов, близких к этому положению; другие (фрикционные) предназначены для соединения двух валов или вала с посаженной на него деталью. Многодисковые фрикционные муфты применяются также для включения или выключения некоторых механизмов. Постоянные соединения валов получают с помощью жестких и упругих муфт.

Жесткими втулочными муфтами с помощью втулки 3 и штифтов 2 или шпонок соединяют соосно расположенные валы 1 и 4 (рис. 74, а). Эти муфты компактны, дешевы, мало изнашиваются.

Дефекты, ремонт и монтаж жесткой втулочной муфты приведены в табл. 26.

Упругие муфты допускают некоторое отклонение соединяемых валов от соосности, смягчают толчки и удары. Одна из простейших упругих муфт, пальцевая (рис. 74, б), состоит из полумуфт 5 и 6, причем в одной полумуфте закреплены гайками 9 четыре или шесть пальцев 7 с насаженными на них кольцами 8 — резиновыми, кожаными или из прорезиненной ткани. Кольца входят в отверстия второй полумуфты, и так как они обладают упругостью, то при работе возможно некоторое отклонение от соосности или перекос осей полумуфт.

Дефекты, ремонт и монтаж упругой муфты приведены в табл. 27.

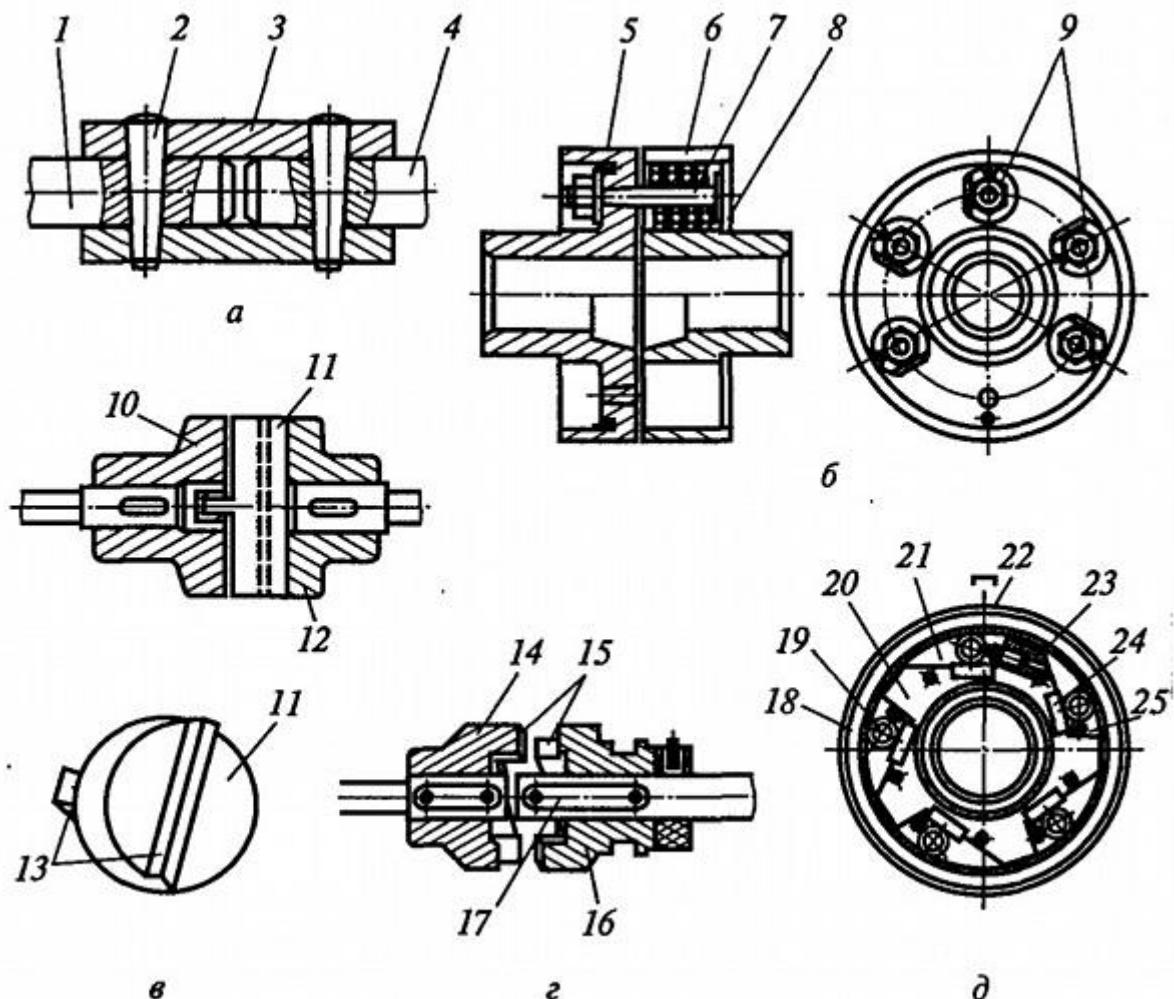


Рис. 74. Жесткая втулочная (а), упругая пальцевая (б), крестовая (в), кулачковая сцепления (г) и фрикционная обгонная (д) муфты:

1 и 4 — валы; 2 — штифт; 3 — втулка; 5, 6, 10, 12, 14 к 16 — полумуфты; 7 — палец; 8 — кольцо; 9 — гайки; 11 — промежуточная деталь; 13 — выступы; 15 — кулачки; 17 — шпоночный паз; 18 — обойма; 19 — ролики; 20 — звездочка; 21 — полость; 22 — шпонка; 23 — пружинка; 24 — вкладыш; 25 — толкатель

Таблица 26  
Дефекты, ремонт и монтаж жесткой втулочной муфты

Дефекты	Ремонт	Монтаж
Смятие шпонок и шпоночных пазов, срез штифтов, разработка отверстия втулки	Замена шпонок, штифтов, втулки	Насаживание втулки на один вал, вставка второго вала с другого конца втулки при условии полной соосности валов, сверление и развертывание отверстий под штифты или засверливание вала под винты, установка штифтов или винтов

Таблица 27  
Дефекты, ремонт и монтаж упругой муфты

Дефекты	Ремонт	Монтаж
Износ резиновых гофрированных втулок, повреждение пальцев и отверстий под втулки и пальцы в полумуфтах, разработка посадочных отверстий полумуфт, смятие шпонок и шпоночных пазов	Растачивание отверстий под втулки и пальцы в полумуфтах при соблюдении соосности этих отверстий и изготовление новых пальцев и втулок увеличенных размеров. Посадочное отверстие полумуфт может быть восстановлено запрессовкой ремонтной втулки	Напрессовка и стопорение полумуфт, проверка радиального и торцового бienia, установка пальцев с втулками, соединение полумуфт с выверкой соосности валов. Допускаемое угловое смещение осей валов 1 \ а радиальное — 0,2... 0,5 мм пропорционально габаритным размерам муфты

Для постоянного соединения валов в современных машинах широко применяют кулачково-дисковые, или крестовые, само-центрирующиеся муфты, являющиеся разновидностью упругих муфт.

Такая муфта (рис. 74, в) состоит из двух полумуфт 10 и 12, имеющих по одному прямоугольному пазу на торце, и промежуточной детали 11 в виде диска или кольца, на торцах которого взаимно перпендикулярно расположены два выступа 13 (этими выступами промежуточная деталь входит в пазы фланцев).

Крестовыми муфтами можно соединить два вала при отклонении от соосности до 0,04 диаметра вала и угловом отклонении не более  $0^{\circ}30'$ . Детали этих муфт изготавливают из цементируемых сталей с последующей закалкой.

Промежуточную деталь для малонагруженных муфт изготавливают из текстолита или древесно-слоистых материалов.

Дефекты, ремонт и монтаж крестовой муфты приведены в табл. 28.

Таблица 28

**Дефекты, ремонт и монтаж крестовой муфты**

Дефекты	Ремонт	Монтаж
Износ пазов полумуфт и выступов промежуточного диска, смятие шпонок и шпоночных пазов, разработка посадочных отверстий полумуфт	Фрезерование пазов под ремонтный размер, изготовление промежуточного диска с соответствующими размерами выступов. Первоначальный размер пазов может быть восстановлен с помощью наделок или наплавки с последующей обработкой	Запрессовка полумуфт на концы соединяемых валов, проверка их торцового и радиального биения, соединение полумуфт с установкой между ними промежуточного диска. Допустимое радиальное смещение осей валов — при сборке 0,2 мм, а угловое — 1

**В кулачковой муфте сцепления** (рис. 74, 2) полумуфта 14 закрепляется на валу неподвижно, а полумуфту 16 соединяют с другим валом с помощью шпонки. Для передачи движения от одного вала к другому нужно передвинуть полумуфту 16 в осевом направлении (при этом шпоночный паз 17 будет скользить по ее шпонке и ввести в зацепление кулачки 15).

Муфты этого типа обеспечивают надежное соединение валов. Кулачковые муфты имеют малые габаритные размеры, просты по конструкции и дешевы в изготовлении. Недостатком этих муфт является то, что их включение на быстром ходу без определенных мер предосторожности сопровождается ударом, который может быть причиной аварии.

Дефекты, ремонт и монтаж кулачковой муфты сцепления приведены в табл. 29.

Таблица 29

**Дефекты, ремонт и монтаж кулачковой муфты сцепления**

Дефекты	Ремонт	Монтаж
Износ кулачков, шпоночного паза или шлицев в подвижной по муфте, а также паза под вилку управления	Наплавка кулачков и их обработка до первоначального размера, восстановление шпонов паза или шлицев наплавкой, расширение	Напрессовка и стопорение неподвижной полумуфты и надевание подвижной полумуфты на вал, проверка биений ѡ полумуфт, проверка плотности прилегания

Дефекты	Ремонт	Монтаж
	паза под вилку с установкой сухарей увеличенного размера	кулачков и пригонка их при необходимости, регулировка механизма включения муфты

Обгонные муфты широко используются в механизмах для передачи движения в одном направлении — они автоматически замыкаются при одном направлении вращения и размыкаются при противоположном. Фрикционная обгонная муфта с роликами (рис. 74, д) состоит из обоймы 18 с гладкой цилиндрической внутренней по-, верхностью, роликов 19 и звездочки 20. Между обоймой и звездочкой находятся суживающиеся в одном направлении полости 21; в их суженные части ролики выдвигаются толкателями 25 с пружинками 23. При вращении звездочки по часовой стрелке под действием сил трения ролики заклиниваются и увлекают за собой обойму, закрепленную в механизме, например, с помощью шпонки 22. При вращении в обратном направлении обойма обгоняет звездочку, выкатывает ролики в широкие части полостей — и муфта размыкается. Детали обгонных муфт имеют высокую поверхностную твердость — до HRC 50...60. Ролики изготавливают из стали ШХ15; звездочки, вкладыши 24 и обоймы — из стали 20Х или 40Х. Такие муфты предназначены для соединения валов диаметром 10...90 мм и передачи моментов 2,5...770 Нм.

Дефекты, ремонт и монтаж обгонной муфты приведены в табл. 30.

Таблица 30  
Дефекты, ремонт и монтаж обгонной муфты

Дефекты	Ремонт	Монтаж
Износ внутренней поверхности обоймы, роликов, рабочей поверхности звездочки	Шлифование внутренней поверхности обоймы, замена роликов; при наличии вкладышей и звездочки — их шлифование или замена	При напрессовке обоймы и звездочки определяют их несоосность, которая не должна превышать 0,02 ...0,03 мм. Подгонка муфты заключается в достижении одновременного заклинивания всех роликов

## **Лекция 23. Ремонт деталей зубчатых, цепных передач. Ремонт деталей передач «винт-гайка»**

**В результате изучения темы обучающийся должен**  
**иметь представление:** о дефектах и способах ремонта зубчатых, цепных и винтовых передач;  
**знать:** требования предъявляемые к зубчатым и цепным передачам; виды дефектов и способы их устранения в зубчатых и цепных передачах.

С помощью зубчатых передач (рис. 76) изменяют скорость движущихся частей станков и направления их движения, передают от одного вала к другому усилия и крутящие моменты, а также преобразуют их. В зубчатой передаче движение передается с помощью пары зубчатых колес. (В практике зубчатое колесо с меньшим числом зубьев принято называть шестерней, а с большим — просто колесом; термин «зубчатое колесо» относится как к шестерне, так и к колесу; при одинаковом числе зубьев зубчатых колес в передаче колесом называют ведомое.)

Поступающие в ремонт зубчатые колеса могут иметь дефекты, приведенные в табл. 31.

**Таблица 31**

**Дефекты и способы ремонта зубчатых передач**

Дефект	Способ ремонта
Износ зубьев по рабочему профилю	Замена зубчатого колеса новым. Цилиндрическое зубчатое колесо с односторонним износом зубьев 2 у правого торца в результате многократного переключения шестерен (рис. 77, а) можно отремонтировать так: у колеса подрезать часть 3(линия отреза показана на рисунке справа вертикальной чертой), а с другой стороны приварить кольцо 7, точно соответствующее удаленной части 3; затем кольцо установить таким образом, чтобы в переключении участвовала левая (неизношенная) часть зубьев

Один или несколько сломанных зубьев	В ответственных передачах колесо нужно заменить годным. В менее ответственных тихоходных передачах поврежденные зубья больших колес экономически выгодно восстанавливать. Зубчатые колеса можно ремонтировать наплавкой изношенных зубьев, установкой зубчатых вкладышей, которые закрепляют винтами либо сваркой (рис. 77, б), а также ввертышем и т. п. Наплавка (рис. 77, в) производится толстообмазанными электродами Э-ЗУ, Э-42, ОММ-5 и пр. После наплавки колесу дают медленно остывать, зарывая в горячий песок все колесо или ту его часть, где наплавлен зуб
Одна или несколько трещин в венце, спице или ступице	Заварка трещины
Смятие поверхностей отверстия, шпоночной канавки или шлицев в ступице	См. ремонт шпоночных и шлицевых соединений (табл. 17 и 18)

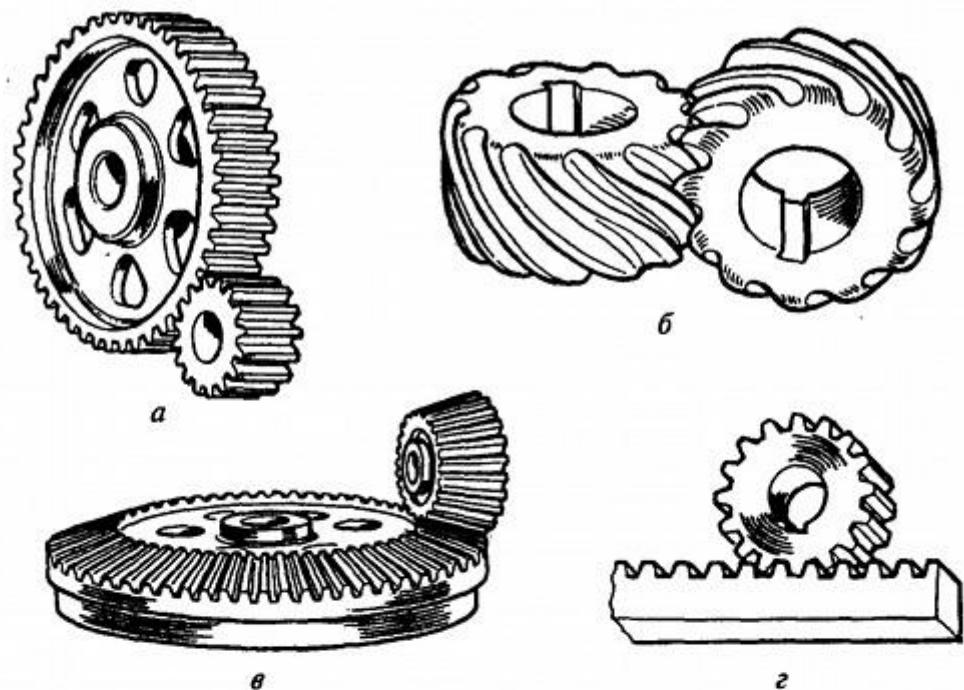


Рис. 76. Зубчатые передачи:

*a, c — прямозубые; б — со скрещивающимися осями; г — преобразования движения*

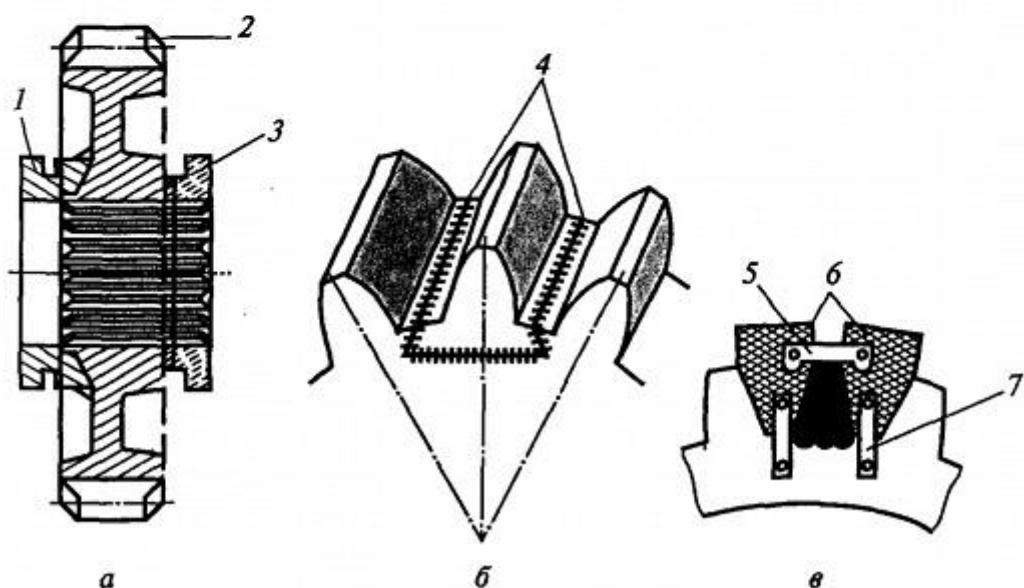


Рис. 77. Схемы ремонта зубчатых колес:

*а — привариванием кольца; б — сваркой; в — наплавкой зуба по медным шаблонам; 1 — кольцо; 2 — зуб; 3 — отрезаемая часть; 4 — сварные швы; 5 и 7 — планки; 6 — медные шаблоны*

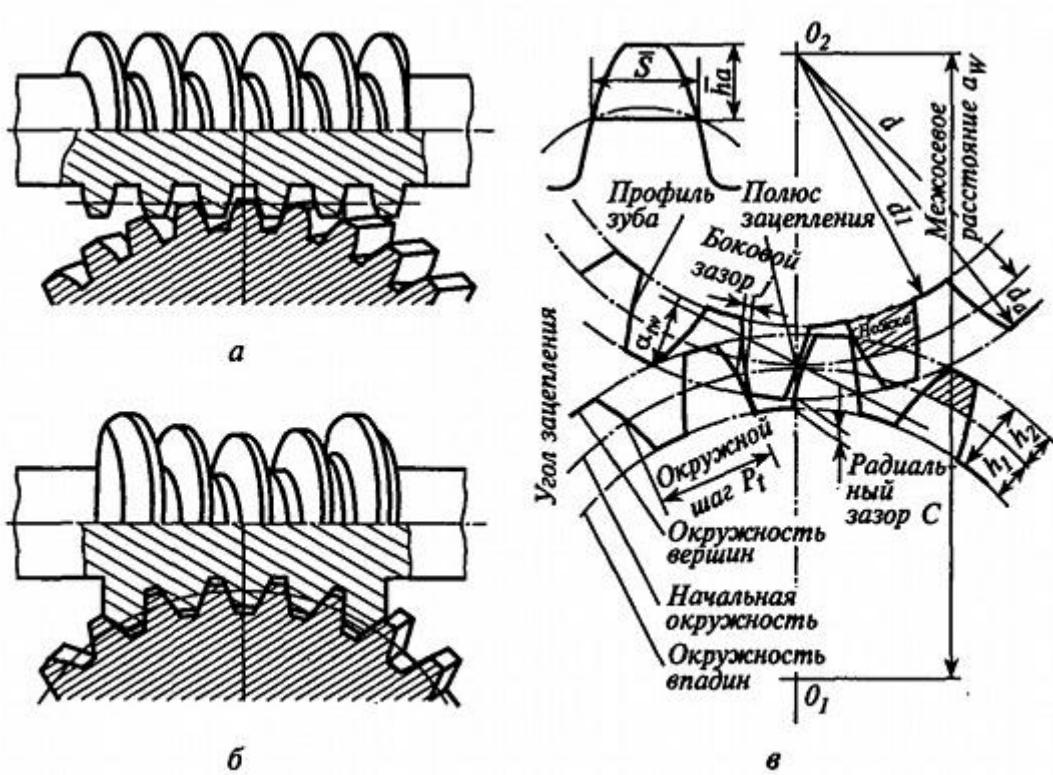
*Рис. 76. Зубчатые передачи:*

*Рис. 77. Схемы ремонта зубчатых колес:*

Изношенные зубчатые колеса, ремонт которых признан нецелесообразным, нужно заменять новыми парами даже в тех случаях, когда одно колесо в заменяемой паре существенного износа не имеет. Это объясняется следующим. Замена обоих сопрягаемых колес гарантирует лучшие условия зацепления, так как зубчатые колеса каждой данной пары, как правило, изготавливаются одним и тем же инструментом на одном и том же станке. Использование нового зубчатого колеса в сопряжении с оставшимся старым нежелательно, так как зубья вновь изготовленного колеса не могут обеспечить нормальный контакт с уже приработанными зубьями, о чем свидетельствует повышенный шум при работе передачи. Однако в тех случаях, когда в сопряжении находятся большое и малое зубчатые колеса, причем диаметр большого колеса во много раз превышает диаметр малого, не следует придерживаться приведенного выше правила. В таком зацеплении значительно быстрее изнашивается малое колесо, поэтому при ремонте достаточно заменить только его. Своевременная замена малого колеса предохраняет от износа зубья большого, стоимость изготовления которого значительно выше.

*Ремонт деталей червячных передач.* Червячная передача (рис. 78) является зубчато-винтовой и состоит из червячного косозубого колеса с зубьями специальной формы (вогнутыми по длине) и червяка — винта с трапецидальной резьбой, являющегося шестерней; ее применяют для передачи вращения между валами, геометрические оси которых скрещиваются.

В червячных передачах наибольшему износу подвергается зубчатое зацепление, при этом витки червяка, как правило, изнашиваются значительно больше, чем зубья червячного колеса. В связи с этим при ремонте изготавливают новый червяк, который сцепляют с работавшим с ним в паре колесом. Однако в точных передачах заменяют новыми и червяк, и колесо.



*Рис. 78. Червячные передачи:  
а — цилиндрическая; б — глобоидная; в — основные элементы и параметры зубчатой передачи*

### **Ремонт деталей цепных передач**

Цепные передачи. Вращательное движение между удаленными друг от друга валами помимо ременной передается с помощью цепной передачи (рис. 79, а), представляющей собой замкнутую металлическую шарнирную цепь 5, охватывающую две сидящие на валах зубчатые звездочки — ведущую 1 и ведомую 2. Цепь в отличие от ремня не проскальзывает; кроме того, ее можно применять в передачах и при малом расстоянии а между осями валов, и со значительным передаточным числом.

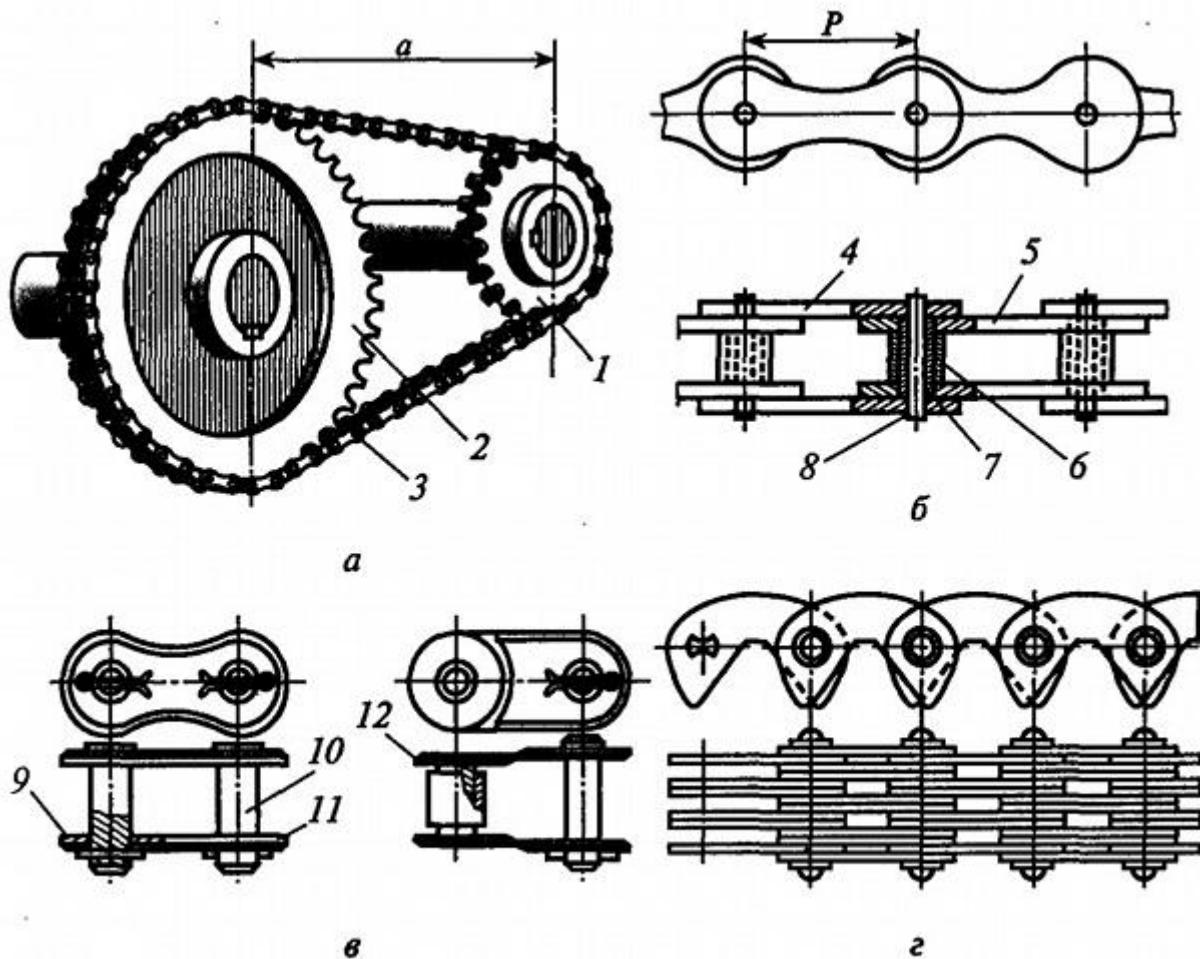


Рис. 79. Цепные передачи:

*а — общий вид; б — однорядная роликовая цепь; в — замок; г — пластинчатая цепь; 1 и 2 — ведущая и ведомая звездочки; 3 — шарнирная цепь; 4 и 5 — наружные и внутренние пластины роликовой цепи; 6 — ролик; 7 — втулка; 8 — ось; 9 и 10 — валики замка; 11 и 12 — соединительная и изогнутая пластины; а — расстояние между осями валов; Р — шаг звена цепи*

Цепные передачи передают различные мощности: от незначительных (велосипедные цепи) до имеющих большие значения (многорядные цепи повышенной прочности). Цепи работают с большими скоростями (до 30 м/с) и передаточным числом  $i = 15$ . Коэффициент полезного действия (КПД) цепных передач в отдельных случаях достигает 0,98.

Из различных видов цепей наибольшее распространение получили роликовые (одно- и многорядные) и пластинчатые.

Роликовая цепь (рис. 79, б) состоит из шарнирно соединенных наружных и внутренних пластинок 4 и 5, между которыми помещаются ролики 6, свободно

вращающиеся на втулке 7. Втулка, запрессованная в отверстия внутренних пластинок 5, может поворачиваться на оси 8. Оси 8 плотно запрессовывают в отверстия наружных пластинок 4. На одном из звеньев цепи делают замок (рис. 79, в), состоящий из двух валиков 9 и 10, соединительной 11 и изогнутой 12 пластинок и шплинтов для их крепления. Чтобы снять или установить цепь, ее размыкают, для чего сначала разбирают замок. Наибольшая скорость роликовой цепи — 18 м/с.

Пластинчатая цепь (рис. 79, г), состоящая из нескольких рядов зубчатых пластин, соединенных между собой втулками и шарнирно укрепленных на общих осях, может работать при наибольших скоростях цепных передач, т.е. 30 м/с.

Преимуществами цепных передач являются постоянное передаточное число и большая прочность, в связи с чем они позволяют передавать значительные усилия и применяются, например, в таких грузоподъемных механизмах, как тали и лебедки. Цепи большой длины используют в эскалаторах метро, конвейерах.

Ремонт деталей цепных передач. Цепная передача работает нормально, когда оси звездочек взаимно параллельны и обе звездочки находятся в одной плоскости. Характерными признаками износа цепных передач являются смятие и поломка зубьев звездочек, ослабление посадки звездочек на валах, износ в сопряжении втулки 7 и оси 8(см. рис. 79, б), ослабление посадки пластиинки 5 на втулке 7, износ ролика 6 по наружному диаметру, а также в сопряжении с втулкой 7. Цепь в результате износа деталей передачи растягивается, расстояние между осями возрастает, в передаче появляются резкий шум и стук. В этих условиях цепь во время работы нередко соскаивает со звездочек и происходит обрыв пластиинок, излом осей.

Ремонт цепных передач обычно заключается в замене дефектных звездочек или цепей на новые. В некоторых случаях звездочки диаметром выше 120 мм ремонтируют наваркой зубьев с последующей механической обработкой, а также установкой втулок в посадочном отверстии. Изношенную цепь подвергают ремонту только при ее аварийном обрыве. В этом случае в нее устанавливают одно или несколько новых звеньев, взятых из другой цепи такой же конструкции и такого же шага, а при отсутствии подобной возможности изготавливают несколько новых пластин и осей. Звездочки при ремонте обычно изготавливают из сталей 45 и 50, а также цементируемых сталей 15, 20 и 20Х, подвергая последующей закалке.

### **Ремонт деталей передач «винт—гайка»**

Передача «винт — гайка» в соответствии с названием состоит из двух главных

деталей — винта 3 (рис. 80) и гайки 4. При вращении винта 3 в ту или иную сторону гайка 4 совместно с ползуном 7, установленным на направляющих 2, будут перемещаться прямолинейно-поступательно. Такая передача позволяет обеспечить равномерность и точность перемещений, а также плавность и бесшумность работы. Основным техническим требованием, предъявляемым к винту и гайке, является высокая точность их изготовления. Наряду с этим требуется соблюдение важных условий при сборке: необходимо, чтобы ось винта 3 была строго параллельна направляющим 2, что обеспечивается соответствующей установкой концевого подшипника; при вращении ось винта не должна смещаться, при любом положении гайки 4 — совпадать с осью последней.

Винты обычно изготавливают из среднеуглеродистых (марок 45 и 50) или инструментальных (У 10 и У12) сталей, гайки — из оловянистых бронз (БрОНФ 10-1-1 или БрОЦС 4-4-17) или антифрикционного чугуна.

Резьба ходовых и грузовых винтов должна работать с наименьшими потерями на трение. Это достигается хорошим качеством обработки винта

и гайки, а также применением смазки. В значительной мере потери на трение зависят также от угла профиля резьбы. В этом отношении наилучшей является прямоугольная резьба (рис. 81, а), применяющаяся в особо точных передачах. С другой стороны, ей присущи серьезные недостатки, вследствие чего эта резьба в ряде случаев вытесняется трапецидальной (рис. 81, б), имеющей значительные преимущества. Это возможность устранения осевых зазоров (мертвый ход), образующихся при износе, стягиванием разрезной гайки, что исключено при прямоугольной резьбе; более высокая прочность, так как основание витка у нее шире, чем у прямоугольной резьбы при том же шаге; простота изготовления. В зависимости от величины шага трапецидальная резьба может быть крупной, нормальной и мелкой. Ее широко применяют для изготовления ходовых винтов, например в домкратах.

Для грузовых винтов, работающих под нагрузкой только в одном направлении, например в гидравлических и винтовых прессах, для нажимных винтов прокатных станов и т.п. применяют упорную резьбу (рис. 81, в), которая также может быть крупной, нормальной и мелкой.

Рассмотренные резьбы используют в передачах «винт—гайка» с трением скольжения (ВГС), однако КПД этих передач невысок. На рис. 81, г показана резьба полукруглая, используемая в передачах «винт—гайка» качения (ВГК), которые также называют шарико-винтовыми передачами (ШВП), а их механизмы — шарико-винтовыми механизмами (ШВМ). По сравнению с обычными винтовыми парами трения скольжения передачи ВГК обладают значительно большим КПД, меньшим износом, большей долговечностью и повышенной жесткостью и точностью. Их применяют в приводах современных

шлифовальных, фрезерных, токарных и других станков, в том числе с программным управлением.

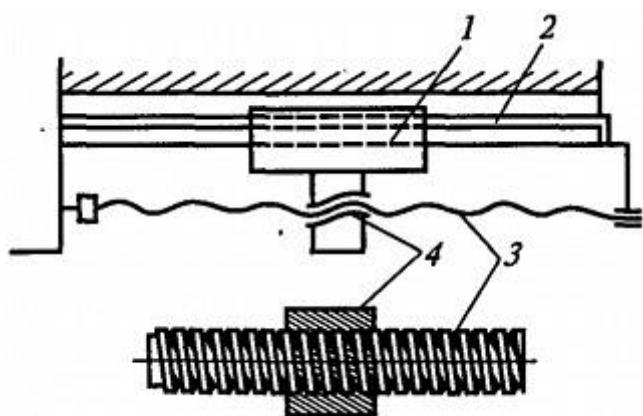


Рис. 80. Передача «винт—гайка»:  
1 — ползун; 2 — направляющие; 3 — винт; 4 — гайка

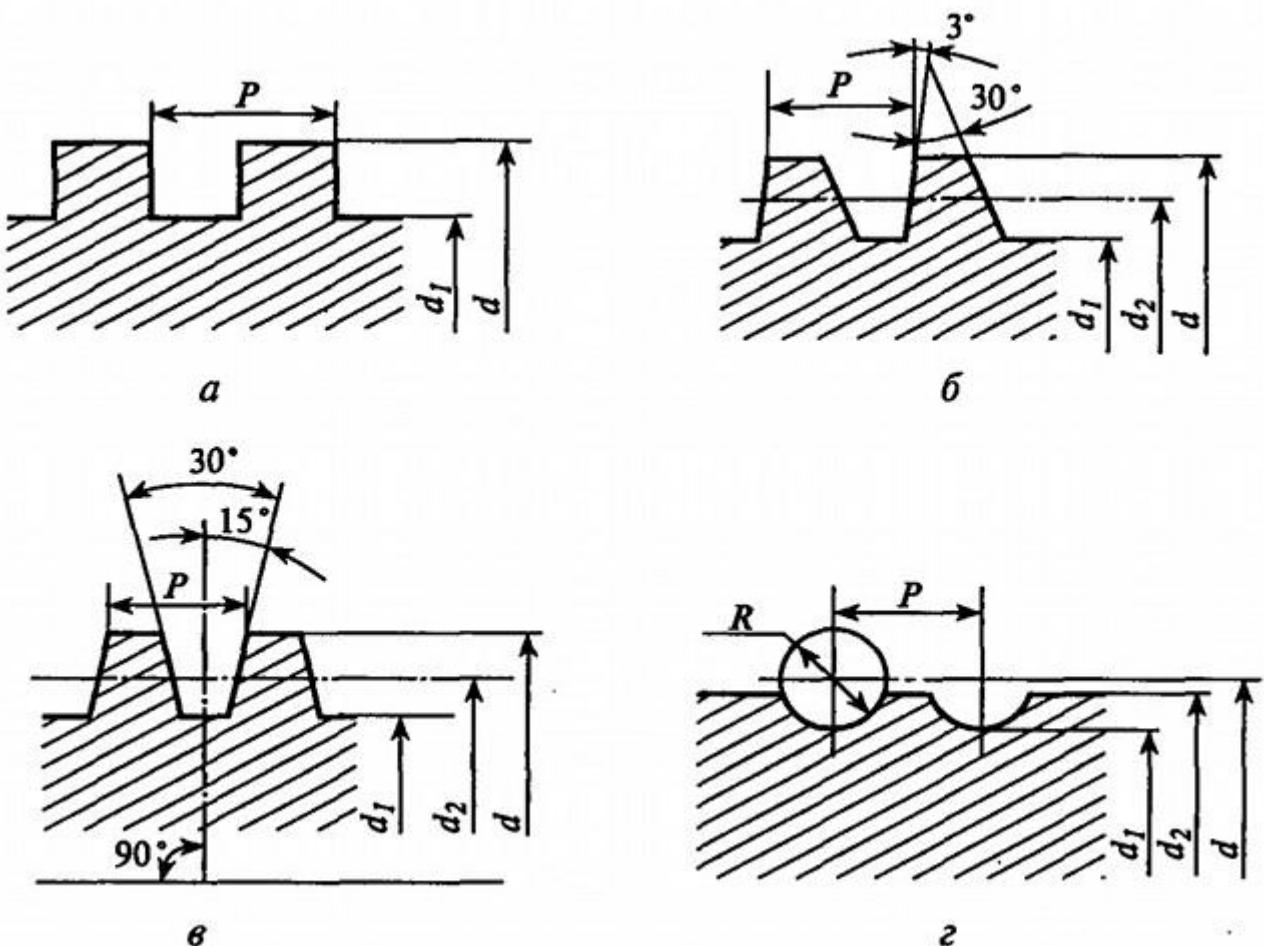


Рис. 81. Винтовые резьбы различных профилей в передачах «винт—гайка» скольжения (ВГС) и «винт—гайка» качения (ВГК):  
 а — прямоугольная; б — трапециoidalная; в — упорная; г — полукруглая;  $d$ ,  $d_1$  и  $d_2$  — соответственно наружный, средний и внутренний диаметры резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $R$  — радиус шариков качения

### Ремонт ходовых винтов деталей передач «винт—гайка»

В ходовых винтах, имеющих трапециoidalную или прямоугольную резьбу, после длительной работы изнашиваются резьбовые опорные цилиндрические поверхности. Изношенные ходовые винты с трапециoidalной резьбой ремонтируют, а винты с прямоугольной резьбой заменяют новыми. Изогнутые винты правят, рихтуют с помощью хомутиков, стяжек, рычагов и другими способами. При правке винт устанавливают в центры и определяют места его наибольшего биения. Неисправные центральные гнезда винта восстанавливают на токарных станках, подрезая его торцы.

Изношенную трапециoidalную резьбу ходовых винтов ремонтируют, если ее износ не превышает 10 % первоначальной толщины витка. Ремонт выполняют, выверяя и протачивая или шлифуя винт (рис. 82, а, б) по наружному диаметру

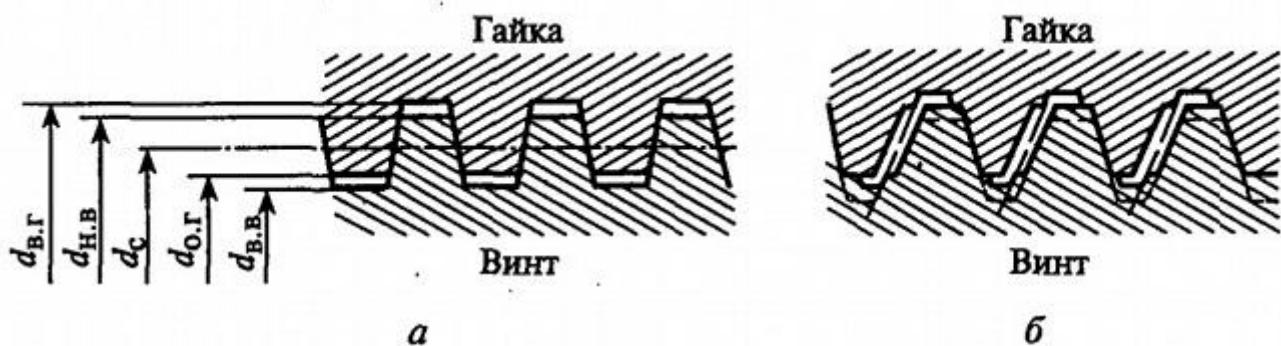
резьбы так, чтобы ширина витка после углубления канавки (и устранения износа) была нормальной (на рисунке показано штриховой линией), т. е. соответствовала по ширине первоначальному размеру.

Изношенные шейки винта ремонтируют шлифованием, а сопряженные с ними втулки заменяют новыми. Если возможно по условиям эксплуатации, изношенные шейки винта протачивают и на

них напрессовывают или устанавливают на клей тонкостенный компенсирующие втулки. Некоторые винты, изношенные на небольшой длине, можно повернуть на 180° и произвести при этом соответствующую проточку шеек, а при необходимости установить переходные втулки.

Отремонтированный ходовой винт необходимо проверить точность шага специальным приспособлением (рис. 83). Для контроля приспособление устанавливают на винт призмами 1 и 4 и располагают шаровые наконечники 5 и 7 (сменные), закрепленные на ножках так, чтобы они поместились между витками резьбы ходового винта 6 на расстоянии 8...10 ее шагов; это положений фиксируют индикатором 3. Затем приспособление переустанавливают на различные участки резьбы винта и читают показания индикатора (при неправильном шаге винта качающаяся ножка с наконечником 5 наклонится на величину, которую покажет индикатор)

Маршрутный технологический процесс ремонта ходового винта приведен в табл. 32.



**Рис. 82. Схема ремонта трапециoidalного резьбового соединения:**  
 а, б — соответственно нормальное и изношенное резьбовые соединения;  $d_{в.г}$  — внутренний диаметр резьбы гайки;  $d_{н.в}$  — наружный диаметр резьбы винта;  $d_c$  — средний диаметр резьбы;  $d_{о.г}$  — диаметр отверстия гайки;  $d_{в.в}$  — внутренний диаметр резьбы винта

*Рис. 82. Схема ремонта трапециoidalного резьбового соединения*

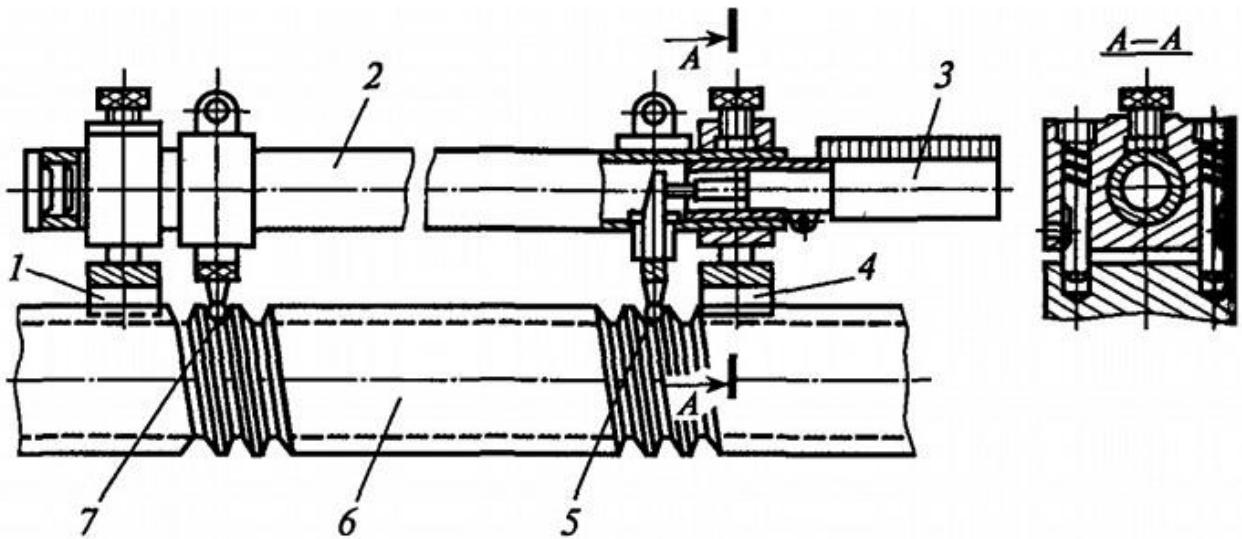


Рис. 83. Приспособление для контроля точности шага ходового винта:  
1 и 4 — призмы; 2 — балочка; 3 — индикатор; 5 и 7 — шаровые наконечники  
6 — ходовой винт

### Ремонт гаек ходовых винтов

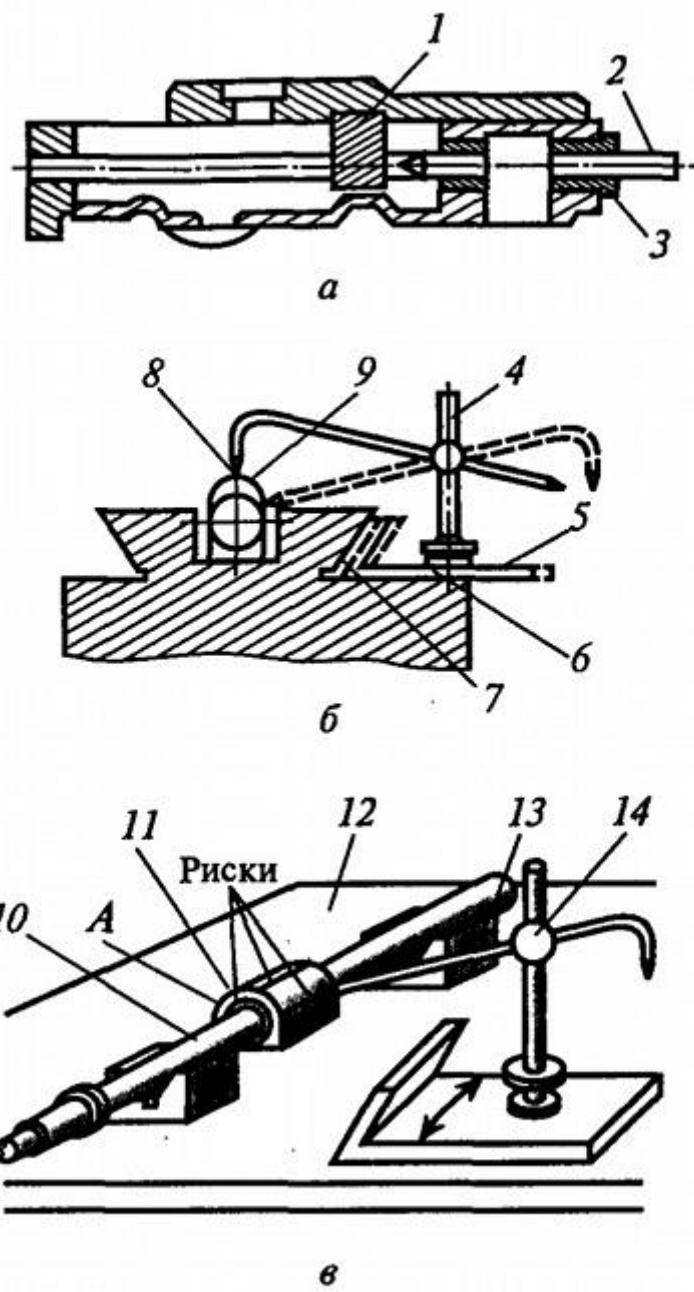
Гайки винтов суппортов с изношенной резьбой заменяют новыми. Металлоемкие и сложные гайки ходовых винтов обычно восстанавливают, растачивая в них отверстия и устанавливая компенсатор износа. Он представляет собой втулку, наружный диаметр которой выполнен с плотной посадкой по расточенному отверстию гайки и внутренним резьбовым отверстием по восстановленной резьбе ходового винта. Растачивание выполняют с предварительной разметкой для центрирования оси резьбы гайки с осями отверстий, в которых установлен винт.

В простейшем случае разметку гайки винта выполняют кернером 2 (рис. 84, а), пропущенным через отверстие каретки суппорта 3; накернивают центр на торце 1 гайки и из него проводят циркулем окружность диаметром, несколько большим, чем наружный диаметр резьбы винта. Затем по всей длине гайки выполняют разметку двух продольных рисок — боковой 9 и верхней 8 (рис. 84, б), которые будут служить базой при установке гайки на станке для растачивания и нарезания резьбы. Для разметки в качестве базы используют направляющие салазок: при нанесении риски 9 базой служит поверхность 6, а риски 8 — поверхности 6 и 7. Разметку выполняют обычным рейсмасом 4 со специальной подставкой 5.

После проведения этих работ можно с должной точностью установить гайку на

станке для растачивания в ней отверстия и нарезания резьбы. По круговой риске на торце гайки производят точную установку по высоте, а по двум продольным — такую же установку в горизонтальном и вертикальном положениях. После этого отверстие растачивают и нарезают в нем резьбу. Положений нарезанного в гайке отверстия по высоте и параллельность его оси базовым поверхностям будет в точности соответствовать положению сопрягаемого с гайкой винта, обеспечивая их соосность.

Точность расположения в гайке резьбового отверстия проверяют перед монтажом сборочной единицы по двум нанесенным на гайку продольным рискам (рис. 84, в). Для этого гайку 11 навинчивают на винт 10 и устанавливают вместе с ним на две одинаковые по высоте призмы 13, расположенные на контрольной плите 12; при этом гайку поворачивают на винте так, чтобы боковая и верхняя риски расположились одна за другой в горизонтальной плоскости. Проводя острием рейсмаса 14 по рискам, контролируют параллельность им оси отверстия. После этого устанавливают острие рейсмаса в верхней точке круговой риски А и проворачивают гайку вместе с винтом вручную: если острие рейсмаса не очерчивает окружность, точно совпадающую с окружностью, размеченной на торце гайки, это означает, что гайка нарезана неправильно. Применение разметки сокращает трудоемкость сборки винтовой пары, так как отпадает надобность в пригонке гайки по месту, и повышает ее качество.



*Рис. 84. Схема разметки гайки винта:*  
 а — накернивание центра на торце гайки; б — нанесение контрольных рисок на поверхность гайки; в — контроль точности расположения оси резьбы гайки; 1 — торец гайки; 2 — кернер; 3 — каретка суппорта; 4 и 14 — рейсмасы; 5 — подставка; би 7 — базовые поверхности; 8и 9— верхняя и боковая риски; 10 — винт; 11 — гайка; 12 — контрольная плита; 13 — призмы

## **Лекция 24. Ремонт деталей поршневых, кривошипно-шатунных механизмов. Ремонт деталей кулисного механизма**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о дефектах и способах ремонта деталей поршневых, кривошипно-шатунных и кулисных механизмов;

**знать:** виды дефектов и способы их устранения в деталях поршневых, кривошипно-шатунных и кулисных механизмов.

### **Ремонт деталей поршневых и кривошипно-шатунных механизмов**

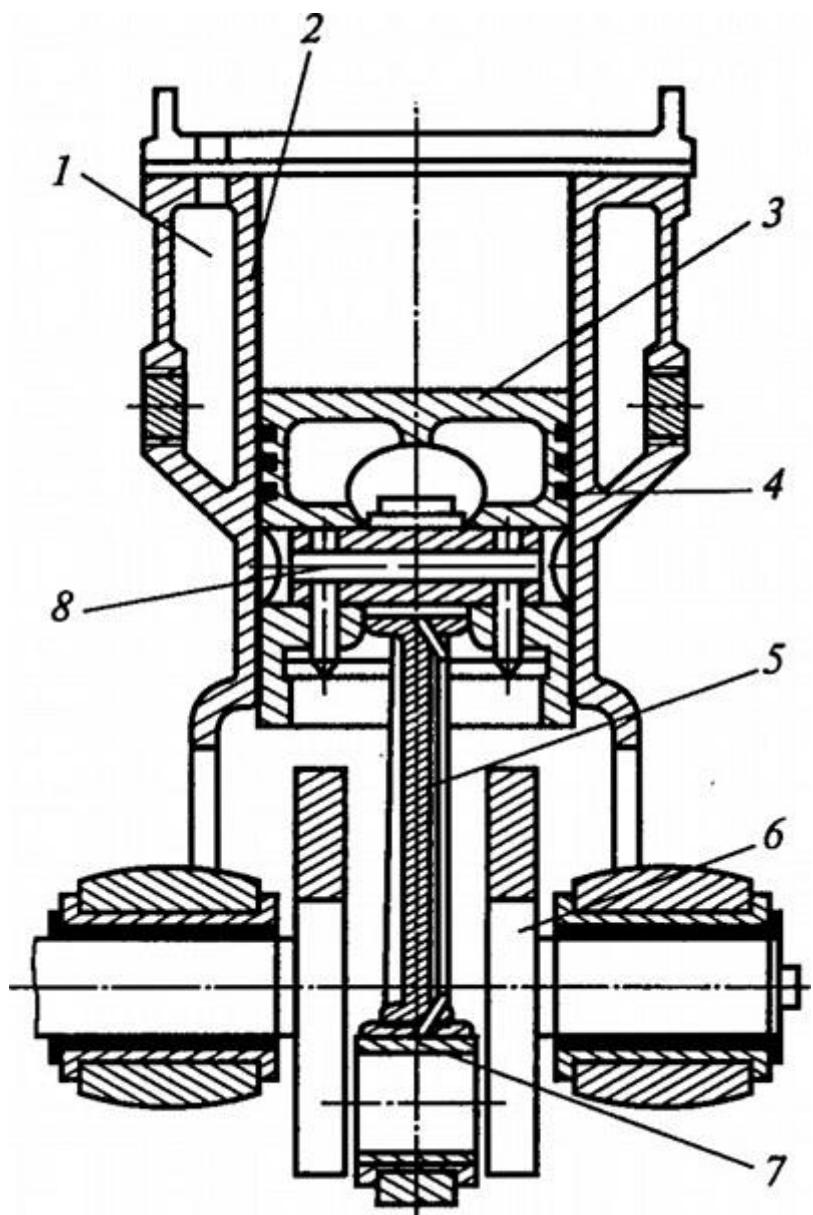
Детали поршневой группы входят в состав механизмов преобразования вращательного движения в поступательное. К основным деталям этой группы (рис. 85) относится цилиндр двигателя, состоящий из так называемой рубашки 1 и внутренней втулки, или

гильзы, 2, а также поршень 3 с поршневыми кольцами 4, соединенный с шатуном 5 поршневым пальцем 8. Второй конец шатуна имеет вкладыш 7, соединяющий шатун с коленчатым валом 6.

В процессе эксплуатации вследствие износа увеличивается зазор между стенками цилиндра и поршня; цилиндр приобретает отклонения от цилиндричности и круглости, на его поверхности образуются задиры. Поршневые кольца становятся менее упругими; увеличиваются зазоры в замках, т. е. в местах стыков. В результате возникших дефектов в полости цилиндра уменьшается компрессия (степень сжатия газов), так как газы просачиваются между стенками поршня и цилиндра. Нарушаются также посадки; поршневого пальца в бобышках поршня и головке шатуна, а также головки шатуна на шейке вала, что влечет за собой возникновение стука в сопряжениях.

Ремонт деталей поршневых и кривошипно-шатунных механизмов обходится часто дороже, чем изготовление новых, поэтому в каждом конкретном случае оценивают целесообразность и выбирают метод ремонта.

Наибольший эффект, однако, достигается заменой изношенных деталей этих механизмов новыми запасными. При этом уменьшается времяостоя машины из-за ремонта, снижается трудоемкость и повышается качество последнего. Между тем в ряде случаев, например при ремонте крупных компрессоров, пневматических молотов и отсутствии запасных частей, детали поршневых и кривошипно-шатунных механизмов приходится ремонтировать. В таком случае рекомендуется пользоваться методами, рассмотренными ниже.



*Рис. 85. Детали поршневой группы:*  
 1 — ру́башка; 2 — внутренняя втулка цилиндра; 3 — поршень; 4 — поршневые кольца; 5 — шатун; 6 — коленчатый вал; 7 — вкладыши; 8 — поршневой палец

### Ремонт цилиндров поршневой группы

При выполнении ремонта деталей поршневой группы необходимо строго выдерживать технические требования на него. Изношенные цилиндры принято ремонтировать по системе ремонтных размеров. При восстановлении цилиндра в сопряжении «цилиндр — поршень» производится механическая обработка отверстия цилиндра под больший ремонтный размер и соответственно подбирается новый поршень, диаметр которого больше диаметра прежнего.

Ремонтные размеры цилиндров двигателей, устанавливаемые, как правило, заводами-изготовителями, имеют градацию 0,5... 1 мм в зависимости от диаметра цилиндра. Если, например, первоначальный (номинальный) диаметр

цилиндра равен  $101,57+0,06$  мм, то его первый ремонтный размер будет равен  $102,07+0,06$  мм, второй —  $102,57+0,06$  мм и так далее до последнего, пятого, размера, равного  $104,07+0,06$  мм. Последний ремонтный размер должен быть таким, чтобы цилиндр был достаточно прочным. Преимуществом восстановления рабочей поверхности цилиндра по системе ремонтных размеров является то, что многократно используется корпус цилиндра или блок цилиндров (изготовление же нового цилиндра требует больших трудовых затрат).

Цилиндры, износ которых вышел за пределы последнего ремонтного размера, в отдельных случаях можно восстановить растачиванием и последующей запрессовкой гильзы (гильзу запрессовывают в расточенный корпус с натягом, затем обрабатывают ее отверстие до номинального размера отверстия цилиндра). Если в цилиндре уже имеется гильза, но изношенная, то ее растачивают до ближайшего ремонтного размера на расточном или токарном станке. После растачивания производят хонингование цилиндров с припусками  $0,06 \dots 0,09$  мм. При отсутствии на предприятии хонинговального станка отделочную операцию отверстия цилиндра можно выполнить на токарном или сверлильном станке, применяя шлифовальную головку. После окончательной обработки внутренняя поверхность цилиндра должна иметь шероховатость  $R_a 0,4$ .

## Ремонт поршней

У поршней (рис. 86) в результате эксплуатации изнашиваются канавки 2 и отверстия 7 под поршневой палец, а также образуются трещины на днище 3 и риски на поверхности 4 (значительному износу подвержены поршневые канавки 2, которые восстанавливают протачиванием на токарном станке до ремонтного размера).

В небольших поршнях отверстия под поршневой палец развертывают вручную специальной разверткой, а в поршнях больших размеров растачивают на расточном станке. (Растачивание можно выполнять и на токарном станке, если применить специальное приспособление.) Выбор посадки поршневого пальца в отверстии поршня (с натягом или зазором) зависит от конструкции поршня и условий, в которых он работает.

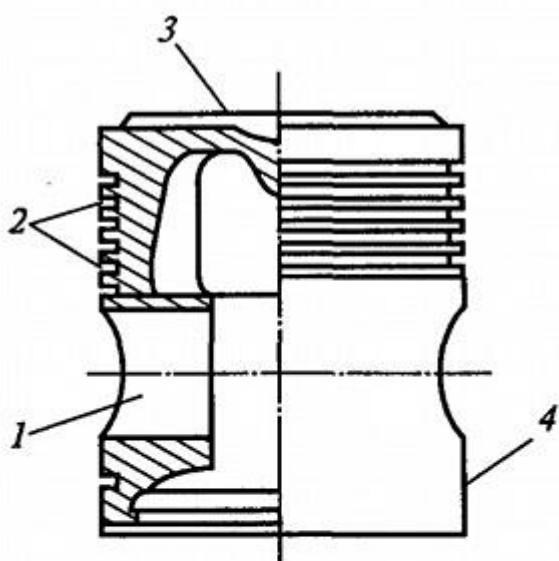


Рис. 86. Схема ремонта поршня:  
1 — отверстие для пальца; 2 — канавки;  
3 — днище; 4 — цилиндрическая  
поверхность (юбка)

Те места на цилиндрической поверхности 4 или на днище 3 поршня, где имеются задиры или наплывы, запиливают напильником, а затем зачищают и полируют мелкозернистой наждачной бумагой. Поршни с трещинами обычно выбраковывают.

**Ремонт поршневых пальцев и колец.** У поршневых пальцев изнашивается наружная поверхность, сопрягаемая с втулкой шатуна и бобышкой поршня. Предельно допустимый зазор между пальцем и втулкой в зависимости от типа машин составляет 0,1...0,15 мм, а после ремонта он должен составлять 0,002...0,025 мм. При ремонте из-

ношенные пальцы часто заменяют новыми, поскольку трудоемкость их изготовления невелика, и пригоняют по восстановленным отверстиям в поршне и втулке шатуна. Иногда пальцы хромируют по наружному диаметру с тем, чтобы они соответствовали увеличенному размеру. (Если поршень заменен новым, нужно исходить из того, что его отверстие под поршневой палец имеет номинальный размер.)

Из всех деталей шатунно-поршневой группы наибольшему износу подвергаются поршневые кольца, и особенно — верхнее компрессионное. Об износе кольца судят по зазору между ним и канавкой, а также в стыке (если зазор между кольцом и канавкой больше 0,3...0,4 мм, а в стыке 3...4 мм, поршневое кольцо обычно заменяют). Кольцо, потерявшее упругость, также заменяют. (Для определения упругости поршневого кольца пользуются специальным прибором и таблицами, указывающими соотношение между силой сжатия и зазором, который должен получиться при этом сжатии.)

В ремонтной практике поршневые кольца обычно изготавливают так: обтачивают чугунный пустотелый цилиндр; разрезают его на кольца с припуском для их последующей обработки по наружному и внутреннему диаметрам, а также по высоте; из каждого кольца вырезают небольшой участок, образуя сквозную щель, позволяющую кольцу сжиматься и создавать стык. В стыке выполняют так называемый замок, препятствующий просачиванию газов. Его делают либо с косым вырезом под углом 45°, либо с прямым вырезом внакладку (рис. 87, а). Второй способ более надежен, но следует иметь в виду, что у колец малого диаметра нельзя делать такой замок, так как его тонкие части легче обламываются. Кольца диа-

метром 300 мм и более сжимают почти до соприкосновения поверхностей выреза (торцов), спаивают, окончательно протачивают по наружному и внутреннему диаметру, а затем распаивают.

После того как у поршневого кольца сделаны вырез и замок, а также окончательно обработаны торцы, его растачивают и обтачивают на размер на специальных оправках. На оправке 1 (рис. 87, б) кольцо 2 растачивают на размер, на оправке 4 (рис. 87, в) это же кольцо окончательно обрабатывают снаружи. Закрепляют поршневое кольцо в оправках через фланцы 3 и 5 винтом 6.

Зазор по высоте между кольцом и канавкой, проверяемый щупом, в отремонтированных сопряжениях колеблется от 0,06 до

0,12 мм и зависит от типа оборудования. Поршневые кольца больших размеров пригоняют к канавкам шабрением с последующей притиркой торцов по плите. Если имеется возможность, то лучше шлифовать кольца на плоскошлифовальном станке. Небольшие кольца пригоняют шлифованием. Поместив кольцо в восстановленном цилиндре, определяют зазор в замке щупом (рис. 87, г). Заключительными операциями являются пригонка замка и его зачистка — либо личным напильником, либо оселком. При установке колец на поршень необходимо добиться равномерного расположения замков по периметру цилиндра, что более надежно предотвращает прорыв находящихся в цилиндре газов или пара.

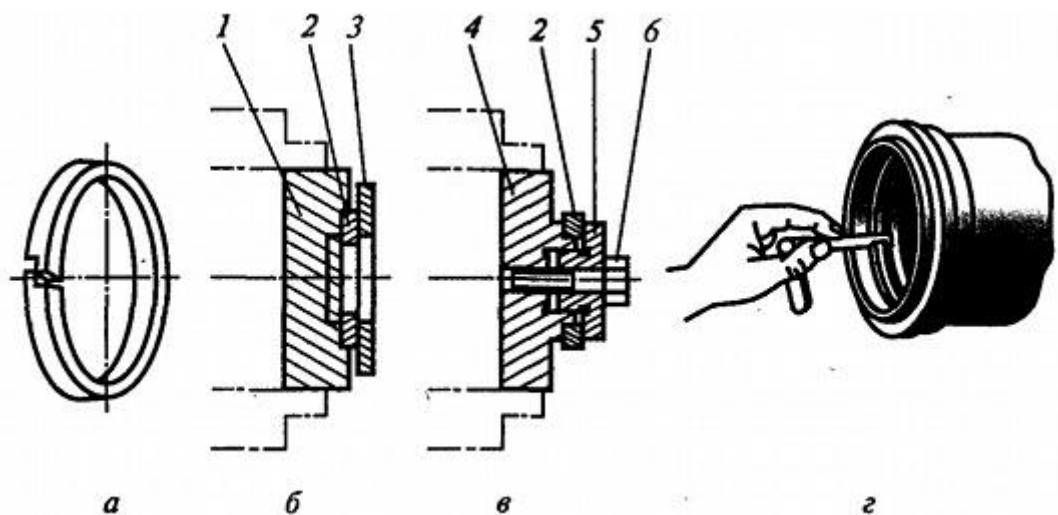


Рис. 87. Схема ремонта поршневого кольца:

а — замок; б — схема закрепления заготовки кольца для обработки по внутреннему диаметру; в — схема закрепления кольца для обработки по наружному диаметру; г — измерение зазора в замке щупом; 1 и 4 — оправки; 2 — кольцо; 3 и 5 — фланцы; 6 — винт

## **Ремонт шатунов**

В двигателях, компрессорах и паровых машинах применяют разные виды шатунов, однако условия, в которых они работают, и предъявляемые к ним требования в основном одинаковы. Шатун (рис. 88, а) состоит из ряда деталей, которые в процессе работы претерпевают изменения: стержень 1 изгибается или скручивается; повреждаются поверхности 3 разъема большой головки (состоит из половин 6 и 9) шатуна и крышки; могут изнашиваться вкладыши 7 или втулки 11, поверхности посадочного отверстия в малой головке 10, внутренняя поверхность большой головки под вкладыши 7.

Для проверки шатуна на изгиб и скручивание применяют специальное приспособление (рис. 88, б), основными частями которого являются контрольная плита 14 с оправками 16 и 17 и призма 12. В верхнюю головку устанавливают оправку 17 и надеваю шатун нижней головкой на оправку 16. На цилиндрические выступы оправки 17 устанавливают призму 12, имеющую три опорные площадки 13. Если стержень шатуна не изогнут и не скручен, оси отверстий головок должны быть параллельными (при этом все три опорные площадки 13 будут соприкасаться с плитой). Возможный зазор между какой-либо из опорных площадок и контрольной плитой 14 контролируют щупом 15. Допустимая величина зазоров в каждом конкретном случае указывается в инструкционной карте.

Если стержень шатуна изогнут или скручен не сильно, его выпрямляют на прессе. Не разрешается править шатуны в сборе.

Шатуны с небольшим износом поверхностей отверстий большой головки и крышки ремонтируют следующим образом: опиливают, фрезеруют или пришабривают по плите поверхности 3 разъема с учетом того, что в результате последующего растачивания внутренних цилиндрических поверхностей диаметр этих отверстий несколько увеличится; поверхности разъема со значительными повреждениями восстанавливают наплавкой с последующим фрезерованием; при износе баббита вкладышей 7 производят перезаливку, а вкладыши затем растачивают; изношенное отверстие малой головки 10 растачивают до следующего ремонтного размера и изготавливают новую втулку 11.

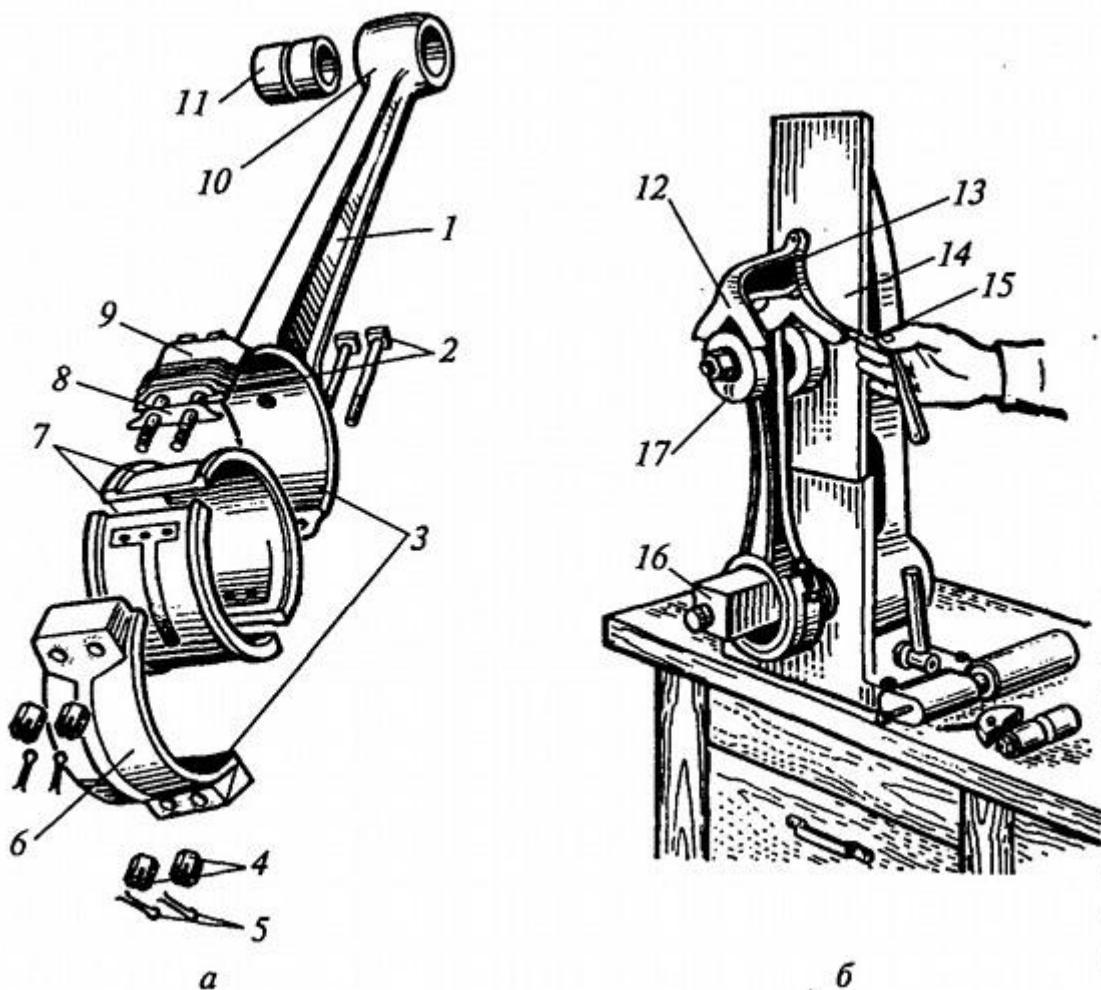


Рис. 88. Комплект деталей шатуна (а) и приспособление для проверки шатуна на изгиб и скручивание (б):

1 — стержень; 2 — болты; 3 — поверхности разъема большой головки; 4 — гайки; 5 — шплинты; 6 и 9 — половины большой головки; 7 — вкладыши; 8 — прокладка; 10 — малая головка; 11 — втулка; 12 — призма; 13 — опорная площадка; 14 — контрольная плита; 15 — щуп; 16 и 17 — оправки

### Кулисные механизмы

Кулисные механизмы широко применяют в промышленном оборудовании, например в поперечно-строгальных и долбебных станках. С ползуном 2 (рис. 89, а), на котором закреплен суппорт с режущим инструментом, шарнирно связана с помощью серьги 1 качающаяся деталь, называемая кулисой 5. Внизу кулиса также шарнирно закреплена серьгой 7. Качается кулиса в результате возвратно-поступательных перемещений в ее пазу кулисного камня 4, получающего движение от зубчатого колеса 3, называемого кулисной шестерней. Последней вращение передается от электродвигателя через коробку скоростей с шестерней 6, закрепленной на валу 16 (рис. 89, б).

Длина хода кулисы зависит от расположения оси кулисного камня в пазу кулисной шестерни: чем дальше от центра шестерни находится кулисный

камень, тем больше окружность, которую он описывает при вращении шестерни, и, следовательно, тем больше угол качания кулисы и длиннее ход  $L$  ползуна. Механизм регулирования установки и закрепления кулисного камня (см. рис. 89, б) расположен на торце кулисной шестерни и состоит из направляющего устройства 18, ползунка 9 с осью 10, которую можно перемещать в направляющих, конической зубчатой пары 12, 13 и винта 11. В левой части устройство 18 сопряжено с клином 8, являющимся левой направляющей для ползунка. Кулисный камень устанавливают на оси 10 и закрепляют на ней. Когда рукояткой, надетой на вал 17, врашают его в ту или другую сторону ползунок 9 вместе с кулисным камнем перемещается винтом 1, либо к центру колеса, либо от него. В необходимом месте ползунок с камнем останавливают и фиксируют, закрепляя вал 17.

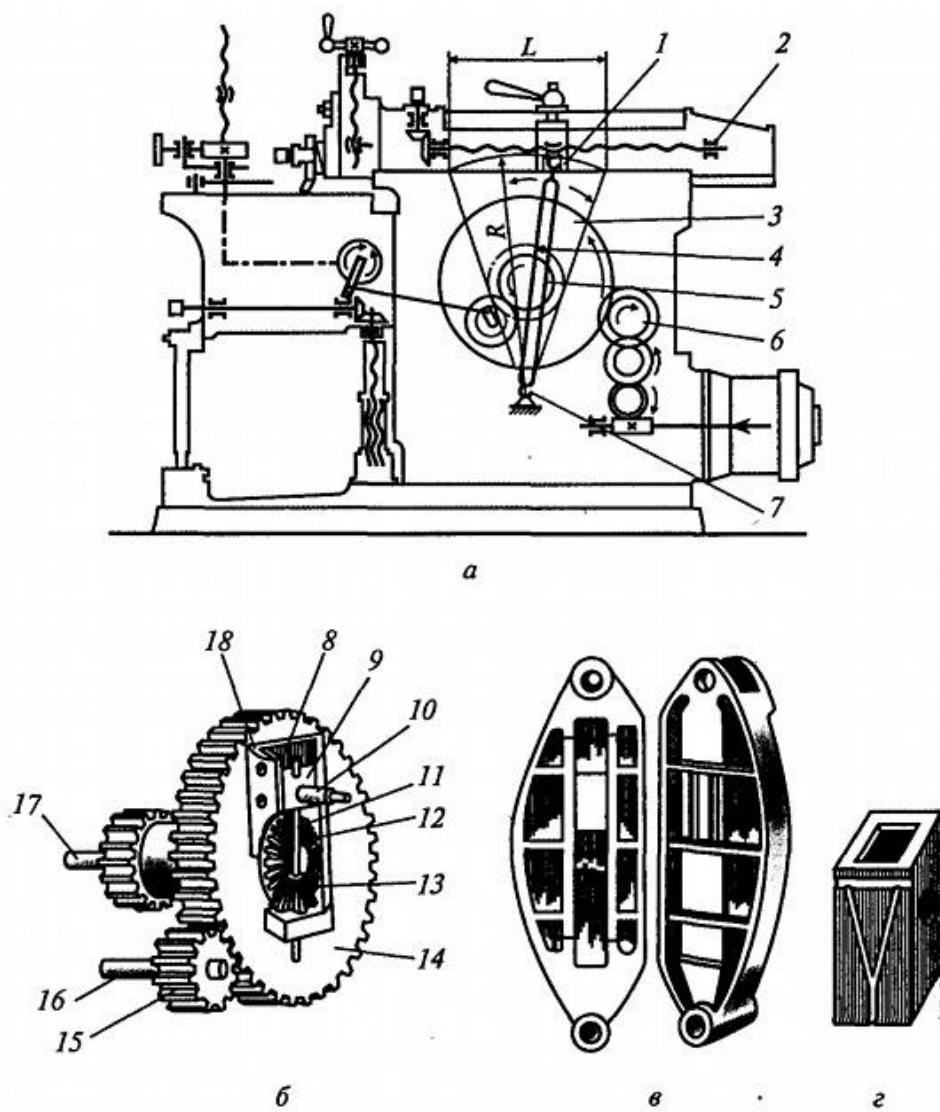


Рис. 89. Схемы кулисного механизма (а), механизма регулирования и установки кулисного камня (б) и общий вид кулисы (в) и кулисного камня (г): 1 и 7 — серьги; 2 — ползун; 3 и 14 — зубчатые колеса; 4 — кулисный камень; 5 — кулиса; 6 и 15 — шестерни; 8 — клин; 9 — ползунок; 10 — ось; 11 — винт; 12 и 13 — конические зубчатые пары; 16 и 17 — валы; 18 — направляющее устройство

Рис. 89. Схемы кулисного механизма

## **Ремонт деталей кулисного механизма**

В кулисном механизме изнашиваются кулиса, кулисный камень, ползушка с пальцем, винт и гайка перемещения ползушки, кулисное зубчатое колесо. В кулисе изнашиваются поверхности паза, в котором перемещается кулисный камень, и отверстия, которыми кулиса соединяется с серьгами. У кулисного камня износу подвергаются поверхности, скользящие в пазу кулисы, и отверстие под ось ползушки, а у ползушки — поверхность основания, боковые наклонные поверхности, а также ось. У кулисного зубчатого колеса изнашиваются направляющие на его торце.

Поверхности паза кулисы при их износе более 0,3 мм и наличии на них глубоких задиров ремонтируют фрезерованием с последующим шабрением; при меньшем износе ограничиваются одним шабрением. При шабрении закрашивают одну из стенок паза, используя при этом контрольную линейку, и снимают металл по отпечаткам краски, производя контроль индикатором. Для этого в неизношенные отверстия кулисы вставляют контрольные оправки, концы которых должны выступать из отверстий на 150...200 мм. Кулису с оправками устанавливают боком на поверочную плиту так, чтобы концы каждой оправки опирались на две концевые меры длины. Затем на плиту ставят стойку с индикатором, подводя измерительный стержень последнего к одной из стенок паза, и начинают передвигать по плите стойку так, чтобы наконечник измерительного стержня перемещался по ширине паза; одновременно наблюдают за показаниями индикатора. Затем шабрят противоположную стенку паза, добиваясь ее параллельности первой с допустимым отклонением не более 0,03 мм; проверку параллельности выполняют концевыми мерами длины.

При износе у кулисы отверстий под серьги сначала ремонтируют стенки паза, ориентируясь по наименее изношенным участкам на их концах, а затем растачивают отверстия для установки в них втулок. Если это связано со снятием значительного слоя металла, грозящим ослабить кулису, то снимают в отверстиях минимальный слой металла, а кулису соединяют с серьгами с помощью осей увеличенного диаметра.

При обработке отверстий кулисы необходимо добиться параллельности их осей между собой, а также их параллельности стенкам паза (допустимое отклонение 0,04 мм на длине 300 мм, измеренной по вставленной в отверстие оправке).

Изношенный кулисный камень (рис. 90, а) обычно заменяют новым, который пригоняют шлифованием или шабрением по пазу кулисы (камень должен перемещаться по всей длине паза без заеданий). Отверстие камня, не имеющего втулки, выполняют по отремонтированной оси ползушки, а имеющего ее — под новую втулку. В камне протачивают также смазочные канавки.

Направляющие поверхности 1 и 5 (рис. 90, а) на торце кулисного зубчатого колеса ремонтируют шабрением по угловой линейке и ползушке (отремонтированной или вновь изготовленной). Поверхность 1 обязательно проверяют индикатором на параллельность торцу кулисного зубчатого колеса 3, перемещая стойку 4 с индикатором по поверочной плите 2. У ползушки обтачивают на токарном станке ось до устранения износа, затем шабрят по поверочной плате поверхность основания ползушки, периодически проверяя контрольным угольником перпендикулярность оси 7 основанию ползушки 6 (рис. 90, б) в двух взаимно перпендикулярных направлениях — продольном и поперечном. Угольник устанавливают на точной плоскопараллельной плитке 9, Между угольником и осью должен быть равномерный просвет. При дальнейшем шабрении боковых наклонных поверхностей ползушки добиваются взаимопараллельности их образующих с допуском 0,02 мм на всей длине поверхностей. Отремонтированную ползушку сопрягают с постоянной направляющей кулисы и клином, который в большинстве случаев изготавливают заново. Ползуипса должна перемещаться по направляющим кулисного зубчатого колеса без качания.

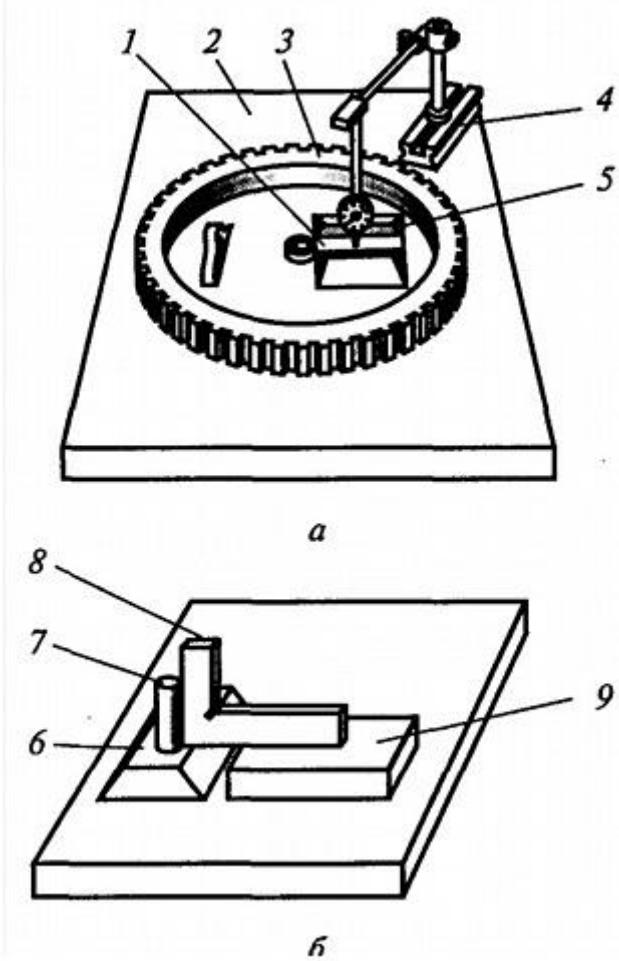


Рис. 90. Приспособления для контроля ремонта кулисного зубчатого колеса (д) и ползушки (б):

1 и 5 — направляющие поверхности; 2 — поверочная плита; 3 — зубчатое колесо; 4 — стойка; 6 — ползушка; 7 — ось; 8 — угольник; 9 — плоскопараллельная плитка

## Контрольные вопросы

1. Перечислите способы ремонта подшипников скольжения.
2. Каковы основные технологические операции при ремонте валов?
3. Назовите основные виды ремонта муфт.
4. Как устраняют неисправности подшипников качения?
5. Каковы особенности ремонта фрикционных муфт?
6. Какие дефекты могут возникать в зубчатой передаче и как их устраняют?
7. Каковы способы ремонта зубчатых колес и в чем заключаются преимущества и недостатки каждого способа?
8. Какие детали кривошипно-шатунного механизма подвержены наибольшему износу?
9. Как изготавливают поршневые кольца?
10. Какие неисправности могут быть у цилиндров и какими способами производят ремонт?
11. Какие виды износа наблюдаются в кулисном механизме и как их устраняют?
12. Назовите способы ремонта шеек валов
13. Каковы особенности ремонта шпинделей?
14. Назовите виды подшипников скольжения.
15. Назовите виды подшипников качения.
16. Назовите способы создания предварительного натяга радиальноупорных шарикоподшипников.
17. Назовите дефекты и способы ремонта шкивов и ременных передач.
18. Назовите дефекты и способы ремонта червячных и цепных передач.
19. Каковы особенности ремонта ходовых винтов?

## **Лекция 25. Стационарные приспособления для восстановления направляющих.**

**В результате изучения темы обучающийся должен**

**иметь представление:** о применении стационарных приспособлений для восстановления направляющих;

**знать:** устройство и принцип действия стационарных приспособлений для восстановления направляющих.

### **Стационарные приспособления для восстановления направляющих**

Ремонтные службы предприятий и производственных объединений восстанавливают изношенные направляющие промышленного оборудования (в том числе станков) разными способами, зависящими от оснащенности предприятия специальными станками для финишной обработки таких поверхностей. Многие предприятия, не имея специального дорогостоящего оборудования для механической обработки направляющих станин, применяют относительно недорогие специальные стационарные и переносные приспособления, позволяющие механизировать эту трудоемкую операцию и производить ее фрезерованием или шлифованием.

Стационарное приспособление устанавливают на продольнострогальных, продольно-фрезерных и других станках, закрепляя их на соответствующем узле станка. Эти приспособления имеют различные конструкции, в основном отличающиеся тем, что в одних движение от электродвигателя шпинделю передается через ременную или зубчатую передачу, а в других шпиндель является валом электродвигателя. Первые относительно громоздки, однако обладают достаточной жесткостью; вторые более компактны, но менее жесткие в эксплуатации. На предприятиях применяют и те, и другие приспособления.

В одном из наиболее совершенных шлифовальных приспособлений (рис. 91) шпиндель 18 установлен на четырех радиальноупорных шарикоподшипниках 19 и вмонтирован в гильзу 17, установленную в корпусе 11. Нижняя опора шпинделя прикреплена к корпусу и шпинделю гайками 20, на которых имеются лабиринтовые канавки. Электродвигатель 2, размещенный на крышке 10 и передающий вращение шпинделю через сменные спиральные зубчатые колеса 5 и 8, а также валики передачи 4 и 7, смонтированные на подшипниках качения в стаканах 6 и Р, соединяется с валиком 4 кулаковой муфтой 3. Валик 7 связан со шпинделем шлицевым соединением.

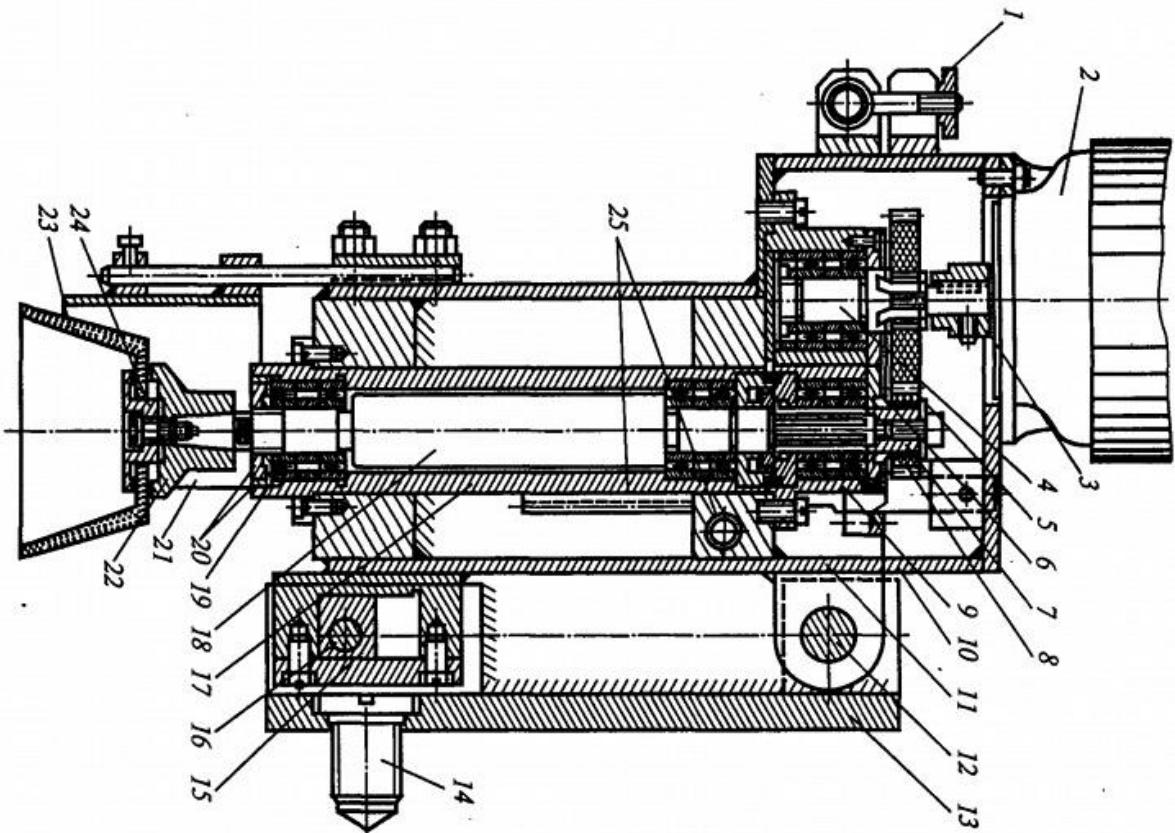


Рис. 91. Стационарное приспособление для восстановления направляющих шлифованием или фрезерованием:

1 — гайка; 2 — электродвигатель; 3 — кулачковая муфта; 4 и 7 — валики передачи;  
 5 и 8 — зубчатые колеса; 6 и 9 — стаканы; 10 — крышка; 11 — корпус; 12 — ось;  
 13 — плита; 14 — винт; 15 — сухарь; 16 — эксцентриковый валик; 17 — гильза;  
 18 — шпиндель; 19 — шарикоподшипник; 20 — гайки; 21 — выдвижной кожух;  
 22 — переходной фланец; 23 — абразивный чашечный круг; 24 — шайба;  
 25 — реечное устройство для подъема крышки с двигателем

Приспособление закрепляют на суппорте станка тремя винтами 14. Корпус 11 соединен шарнирно с плитой 13 осью 12. Поворотом эксцентрикового валика 16 через сухарь 15 осуществляют наклон оси шпинделя на  $1 \dots 3^\circ$  в направлении движения обрабатываемой поверхности (для предварительного шлифования), а затем шпиндель устанавливают в исходное положение (без наклона) для окончательного шлифования. Поворотом суппорта станка (на рисунке не показан) устанавливают приспособление под различными углами в зависимости от формы и расположения обрабатываемых направляющих.

Для переустановки сменных колес и изменения частоты вращения шпинделя (в пределах 1000...6000 об/мин) отвинчивают гайку 1 шарнирного болта и поднимают крышку 10 с помощью реечного устройства 25. Абразивный чашечный круг 23 защищен выдвижным кожухом 21 и установлен на переходном фланце 22, закрепленном шайбой 24.

Тонкую подачу шпинделя на глубину резания осуществляют суппортом станка через червяк и червячное колесо, которые специально устанавливают в механизме подач (на рисунке не показан). Приспособление выполняют и в другом варианте, когда тонкую подачу шпинделя производят перемещением гильзы со шпинделем. Для этого на выступающей части гильзы нарезают резьбу, навинчивая на нее червячное колесо. Подачу осуществляют через червяк, вмонтированный в кожух, который удерживает червячное колесо от осевого смещения.

Рассмотренное приспособление применяют для фрезерования или шлифования направляющих станков, в том числе и станин, с одной установки. Наклонять ось шпинделя можно на ходу станка, что обеспечивает высокую производительность.

При шлифовании поверхности торцом чашечного шлифовального круга при наклоне последнего на 1...3° (рис. 92, а) вдоль направляющих возрастает производительность обработки. В этом случае улучшается отвод стружки, обеспечивается меньший нагрев поверхности и достигается необходимая прямолинейность. Однако при этом шероховатость поверхности немного превышает норму, а поверхность в поперечном сечении оказывается несколько вогнутой, поэтому данным производительным способом пользуются при черновой стадии обработки, т.е. при предварительном шлифовании. На обработанной поверхности образуются неперекрещивающиеся штрихи.

Чистовое шлифование осуществляют, когда ось шпинделя строго перпендикулярна обрабатываемой направляющей (рис. 92, б).

Однако в этих условиях ухудшается отвод стружки и повышается нагрев обрабатываемой поверхности. В связи с этим снижают глубину резания до 0,01 мм и осуществляют охлаждение подводом СОЖ или подачей сжатого воздуха. Точность установки шпинделя определяют по узору на обрабатываемой поверхности, образующемуся в результате перекрещивания штрихов (см. рис. 92, б).

Переносным приспособлением для ремонта станин обрабатывают направляющие разных типоразмеров (рис. 93). Для их обработки пользуются сменными переходными фланцами 22 (см. рис. 91), а разворот головки на заданный угол в соответствии с формой направляющей осуществляют суппортом станка с закрепленным приспособлением (как видно на рис. 93, а—г, в ряде случаев приходится переустанавливать или заменять шлифовальный круг). Шлифование производят с подачей стола 8... 10 м/мин и скоростью резания 35...40 м/с. Черновую обработку осуществляют при глубине резания 0,03 мм, а чистовую — до 0,01 мм.

На обработку шлифованием станины токарного станка с направляющей длиной

3 м при износе 0,5 мм затрачивается 2...3 ч, при этом обеспечиваются заданные точность и шероховатость поверхности. Направляющие с износом более 0,5 мм восстанавливают фрезерованием этим же приспособлением. Для этого вместо шлифовального круга устанавливают торцовую фрезу с резцами из твердых сплавов. Обработку ведут со скоростью резания 5...6 м/с, с подачей стола 2...3 мм на один оборот шпинделя и глубиной резания 0,1 ...0,2 мм.

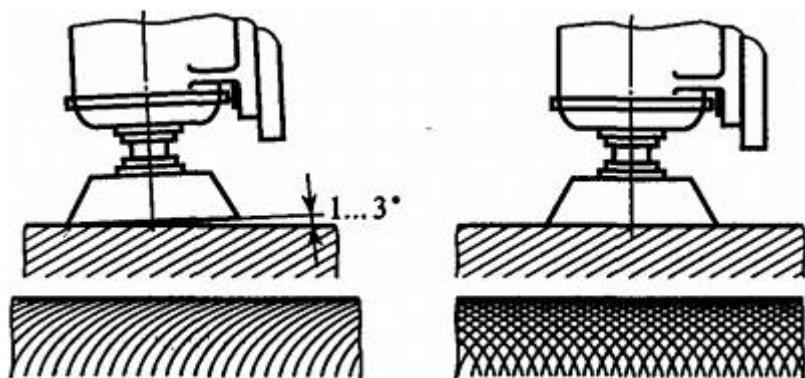


Рис. 92. Схема шлифования торцом круга: а — с уклоном; б — без уклона

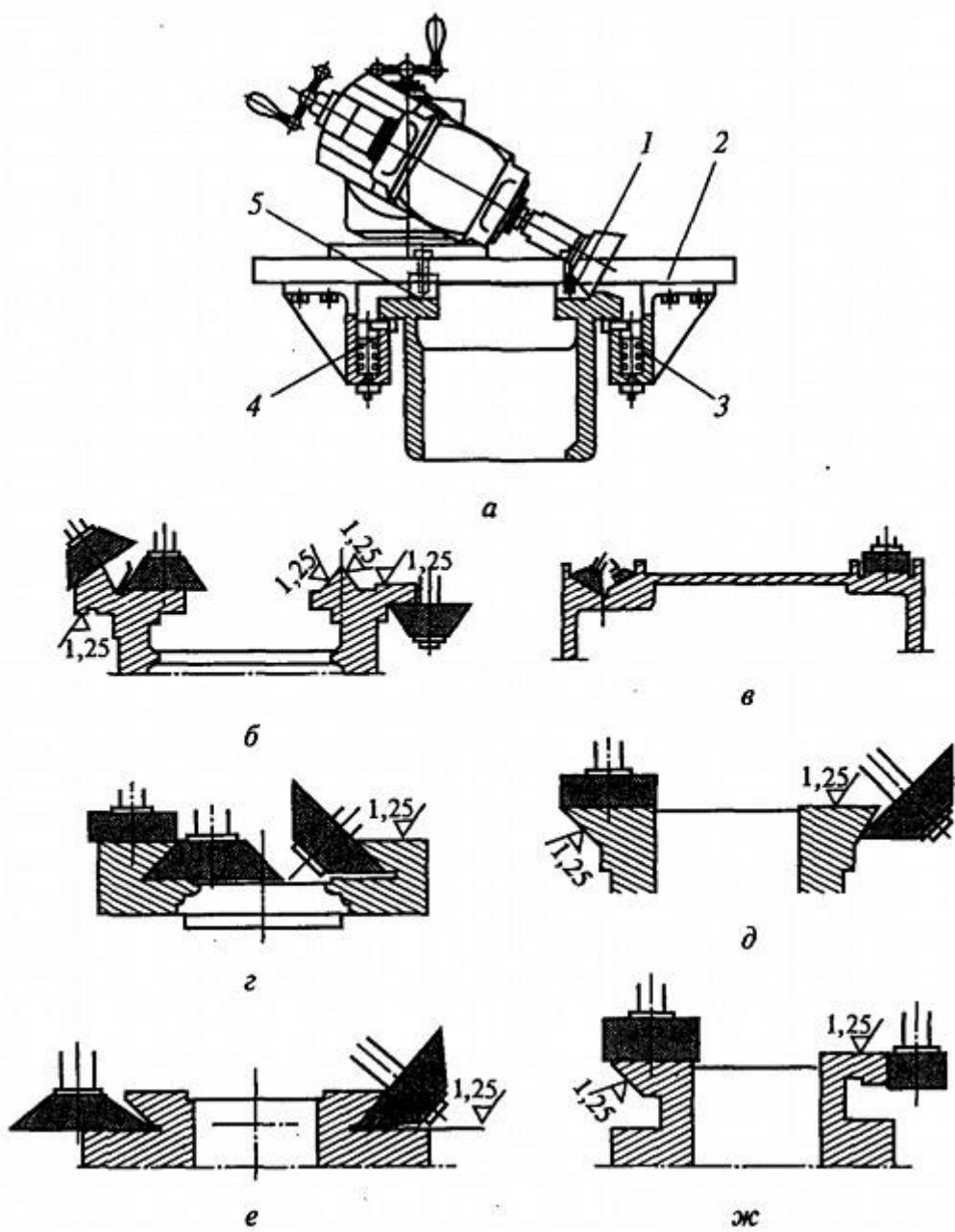


Рис. 93. Переносное приспособление (а) для ремонта станин токарного (б) и продольно-строгального (в) станков, а также шлифования направляющих типа «ласточкин хвост» (г—е) и комбинированной формы (ж):  
 1 и 5 — сменные направляющие; 2 — плита; 3 и 4 — шарикоподшипники

## Список используемой литературы

1. Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования в 2 ч. – Ч. 1 [Электронный ресурс]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [А. Г. Схиртладзе, А. Н. Феофанов, В. Г. Митрофанов и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 272 с.
2. Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования в 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [А. Г. Схиртладзе, А.Н. Феофанов, В.Г. Митрофанов и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 256 с.
3. Воронкин, Ю.Н., Поздняков, Н.В. Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования [Текст]: учебник. / Ю.Н. Воронкин, Н.В. Поздняков. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.
4. Гельберг, Б.Т., Пекелис Г.Д. Ремонт промышленного оборудования [Текст]: учебник для СПТУ. Изд. 9-е перераб. и доп. / Б.Т. Гельберг, Г.Д. Пекелис. – М.: Высшая школа, 1988. – 304 с.: ил.
5. Лисовой, А.И., Глемба, Л.С. Технология монтажа и ремонта металлообрабатывающих станков и автоматических линий [Текст]: учебное пособие для машиностроительных техникумов. / А.И. Лисовой, Л.С. Глемба. – М.: Машиностроение, 1966. – 358 с.: ил.