638.34
В75

Ю. Н. Воронкин
Н. В. Поздняков

МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4-е издание

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

ACADEMIA



УЧЕБНИК

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Ю. Н. ВОРОНКИН, Н. В. ПОЗДНЯКОВ

МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

94432

Учебник

Допущено
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов образовательных учреждений
среднего профессионального образования, обучающихся по специальности
«Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования»

2012

4-е издание, стереотипное

ACADEMA

Москва
Издательский центр «Академия»
2010

УДК 658.58
ББК 30.605

В75
МИНИСТ ОВАНИЙ

Рецензенты:
профессор кафедры «Технология машиностроения» МГТУ «Станкин» д-р техн. наук *В. Л. Тимирязев*;
зам. главного механика ЗАО «Метровагонмаш» *С. А. Сенцов*

Воронкин Ю. Н.

В75 Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. Н. Воронкин, Н. В. Поздняков. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 240 с.

ISBN 978-5-7695-7356-9

Изложены сведения о профилактике, диагностировании состояния и ремонте технологического оборудования. Приведены данные о рациональной эксплуатации оборудования, технологии ремонта, типовых методах восстановления деталей, об особенностях эксплуатации, технического обслуживания основных элементов и агрегатов технологических машин и аппаратов, особенностях хранения оборудования.

Для студентов средних профессиональных учебных заведений. Может быть полезен учащимся учреждений начального профессионального образования.

94432

Учебное издание

УДК 658.58
ББК 30.605

Воронкин Юрий Николаевич, Поздняков Николай Викторович

Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования

Учебник

4-е издание, стереотипное

Редактор *А. А. Синицына*. Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка: *Е. Н. Лозовская*. Корректоры *И. Н. Волкова*, *Н. В. Шувалова*

Изд. № 104103588. Подписано в печать 07.04.2010. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Бумага офс. № 1. Усл. печ. л. 15,0.
Тираж 1 000 экз. Заказ №13147

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 26 б.
Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.60.953.Д.007831.07.09 от 06.07.2009.

Отпечатано в ОАО «Московские учебники и Картолитография».
125252, г. Москва, ул. Зорге, 15.

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Поздняков Н. В., 2002
© Воронкина Н. Ю. (наследница Воронкина Ю. Н.), 2008
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-7356-9

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

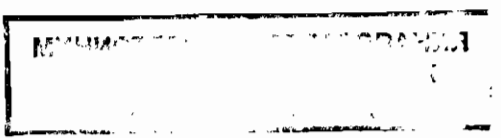
Предисловие

Учебник составлен в соответствии с примерной программой дисциплины «Типовые методы профилактики и ремонта оборудования предприятий» и предназначен для реализации государственных требований к содержанию и уровню подготовки выпускников по специальности «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования». Профессия техника является сложной и многогранной. Высококвалифицированный техник должен иметь большой запас разносторонних знаний, чтобы, пользуясь ими, уметь регулировать и налаживать самое разнообразное (в том числе автоматически действующее) технологическое оборудование, управлять им, диагностировать его техническое состояние, своевременно и быстро определять причины отказов, устранять выявленные неисправности и восстанавливать работоспособность.

По характеру своей деятельности техник должен обладать многими профессиональными навыками, уметь выполнять разнообразные операции, пользоваться различными видами измерительной техники и технологической оснастки, хорошо знать технологические операции, выполняемые рабочими смежных специальностей.

Цель учебника — вооружить студентов средних профессиональных учебных заведений знаниями, необходимыми им в дальнейшей деятельности.

94432



Введение

Основной путь к повышению производительности труда на предприятиях отечественного машиностроения — это широкое внедрение новой техники и прогрессивной технологии: станков с числовым программным управлением, роторных, роторно-конвейерных и других автоматических линий, автоматизированных и роботизированных комплексов, гибких производственных систем. Для этого необходимо совершенствовать ремонтное производство, обеспечивая надежную работу машин и оборудования во всех отраслях народного хозяйства. Важно развивать фирменный ремонт и обслуживание силами изготовителей сложной и особо точной механики, обеспечить потребности в запасных частях к машинам и оборудованию. Определение границ экономической целесообразности ремонта, а на этой основе — оптимальных сроков службы оборудования и путей наиболее рациональной организации ремонтных работ приобретают все большее значение.

Машиностроительные предприятия имеют большой парк технологического оборудования для производства различной продукции. От точности и надежности его работы зависят качество выпускаемых изделий и производительность труда. Следовательно, все виды оборудования, в том числе и металлорежущие станки, должны безотказно работать. Но даже изготовленные из самых износостойких материалов детали станков не могут быть вечными. Они изнашиваются, ослабевает жесткость крепления, загустевает смазка. Если своевременно не произвести необходимые профилактические работы, станки потеряют производительность, начнут выдавать брак, может возникнуть аварийная ситуация. Для поддержания технологического оборудования в работоспособном состоянии на каждом предприятии создается система технического обслуживания и ремонта техники. Работу в этом направлении осуществляет служба главного механика.

На предприятиях нашей страны существует рациональная система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Ее основой является профилактика, заключающаяся в проведении плановых осмотров и ремонта, поддерживающих постоянную работоспособность оборудования. Весь комплекс работ по техническому обслуживанию и ремонту составляет систему планово-предупредительного ремонта (ППР).

Основными задачами ремонтных служб являются повышение качества и снижение себестоимости ремонта путем широкого внед-

рения индустриальных методов и развития специализированных мощностей. Максимальное использование действующего оборудования, имеющее большое значение для развития промышленности, требует правильной его эксплуатации, постоянного обеспечения рабочего состояния и своевременного ремонта.

Учебная дисциплина «Типовые методы профилактики и ремонта оборудования предприятий» является общепрофессиональной и формирует знания, необходимые для изучения дисциплины «Основные элементы и особенности технического обслуживания и ремонта объектов специализированной области производства». Приобретенные знания используются при выполнении курсовых работ и дипломного проекта, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом оборудования.

В результате изучения этой дисциплины студент должен:

иметь представление:

о типовых технологических процессах изготовления, сборки и демонтажа основных узлов и механизмов оборудования предприятий;

методах организации ремонтных работ, структуре ремонтного цикла и технологиях ремонта;

методах восстановления и укрепления изношенных типовых деталей и узлов промышленного оборудования;

знать:

действующую на промышленных предприятиях типовую систему технологического обслуживания и ремонта промышленного оборудования;

основы теории рациональной эксплуатации оборудования;

особенности эксплуатации, технического обслуживания основных элементов промышленного оборудования;

современные методы технической диагностики оборудования;

уметь:

организовывать профилактику и ремонт промышленного оборудования;

выбирать смазочные материалы, режимы и системы смазки;

устранять отказы оборудования при его эксплуатации с выполнением комплекса работ по ремонту и наладке оборудования;

вводить оборудование в эксплуатацию после технического обслуживания и ремонта.

Глава 1

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ

1.1. 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).

1.2. Понятие о рациональной системе технического обслуживания и ремонта оборудования

Система планово-предупредительного ремонта (ППР) представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий предупредительного характера по техническому обслужива-

нию (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 (наработки). 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 рациональной 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 потерь 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.

1.3. Виды ремонта

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, обусловливающие 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 следу-

ющего 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.

1.4. Структура и периодичность работ по плановому техническому обслуживанию и ремонту

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):

$$\underset{20000}{КР - ТР - ТР - ТР - ТР - КР}.$$

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 (Ос), четырехразовое пополнение смазки (4Сп), одну замену смазки (Сз), один частичный осмотр (Оч), две профилактические регулировки (2Рм) и ежесменную смазку, изображают так:

$$E Ос + 4Сп + Сз + Оч + 2Рм,$$

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. 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 $R_м$ — это физический объем работ, необходимый для капитального ремонта механической части некоторой условной машины, качество которого отвечает требованиям технических

Таблица 1

Структуры ремонтных циклов

Оборудование			Категория оборудования	Структура ремонтного цикла	Вид технического обслуживания	Количество текущих ремонтов в цикле	Число операций технического обслуживания в межремонтном периоде	
Вид	Класс	Группа					Всего	Втом числе плановых осмотров
Металлорежущее	Н	Все группы	До 10 т	КР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—КР	См. табл. 3	4	В соответствии с картой технического обслуживания	5
			10...100 т	КР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —КР		5		12
			Свыше 100 т	КР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—КР		6		21
	П, В, А, С		До 10 т	КР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—КР		8		9
			10...100 т	КР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —ТР—ТР— —КР		9		18
			Свыше 100 т					30

Окончание табл. 1

Оборудование			Категория оборудования	Структура ремонтного цикла	Вид технического обслуживания	Количество текущих ремонтов в цикле	Число операций технического обслуживания в межремонтном периоде	
Вид	Класс	Группа					Всего	В том числе плановых осмотров
Кузнечно-прессовое	—	Молоты: штамповочные и ковочные простого и двойного действия высокоскоростные	До 50 кН · м До 125 кН · м	КР—ТР—ТР—ТР—ТР—ТР—КР	См. табл. 3	5	В соответствии с картой технического обслуживания	12
		Термопласт-автоматы; машины литьевые; машины правильные и гибочные; прессы гидравлические ковочные; горизонтальные ковочные машины	До 5 МН	КР—ТР—ТР—ТР—ТР—ТР—ТР—КР		7		16

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.

Единица ремонтосложности электрической части оборудования $R_э$ — 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 $R_м$.

Трудоемкости ремонта и полного планового осмотра приведены в табл. 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 закаленных 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	—	—	—
		Итого	14,0	2,0	0,1	0,1
	Слесарные и др.	На изготовление заменяемых деталей	1,1	0,2	—	—
		На восстановление деталей	0,8	—	—	—

Окончание табл. 2

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

1.5. Планирование простоев при ремонте оборудования

Продолжительность простоя 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 продолжительности простоя из-за ремонта и технического обслуживания в неавтоматизированном и автоматизированном производстве при различной сменности работы бригад РМЦ и ЦРБ приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Нормы продолжительности простоя оборудования в неавтоматизированном производстве при ремонте и техническом обслуживании

Виды работ	Нормы простоя, ч/$R_{ко}$ 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

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

Виды работ	Нормы простоя, ч/$R_м$, при работе ремонтной бригады в две смены			
	Ремонтосложность участка $R_м$			
	60...100	100...140	140...180	180...220
Ремонт:				
капитальный	112...176	176...208	208...240	240...272
текущий	32...40	40...48	48...56	56...64

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 (простои 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.

1.6. Узловой метод ремонта

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 металлорежущих станках такими взаимозаменяемыми сборочными единицами являются передняя бабка, фартук, суппорт, механизмы привода, шпиндельные, шлифовальные и револьверные головки и т. п. Номенклатуру взаимозаменяе-

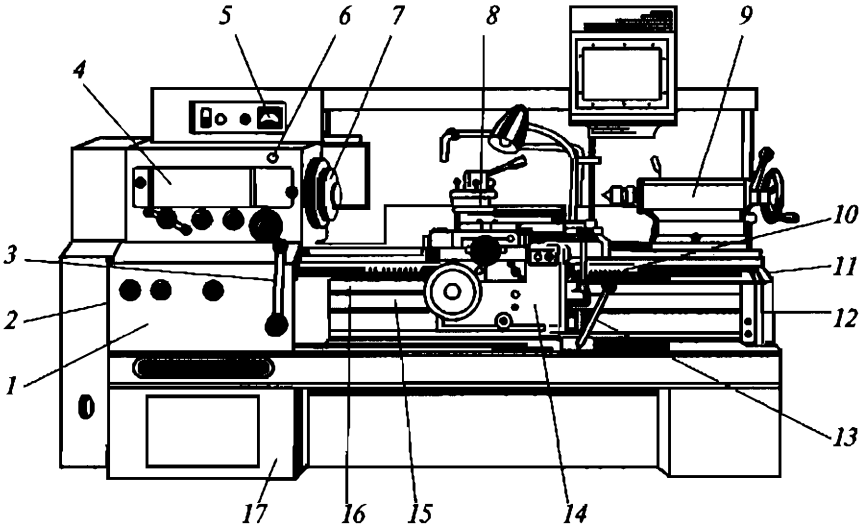


Рис. 1. Токарно-винторезный станок 16К20:

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 вал и винт; *17* — левая тумба

мых 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.

1.7. Комплекс основных работ, проводимых при техническом обслуживании 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 техни-

ческого 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).

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

График проведения технического обслуживания и ремонта обслуживающим персоналом

Шифр	Операции	Часть станка	Обслуживающий персонал			
			Слесарь	Электрик	Смазчик	Оператор
При плановом ТО						
Оп	Плановый осмотр	Механическая и электрическая	+	+	—	+
Ос	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	Механческая и электрическая	+	+	—	—
Пр	Проверка геометрической и технологической точности оборудования		+	—	—	—
При внеплановом ТО и Р						
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.

Глава 2

ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. 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.

2.2. Виды и характер износа деталей

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 искажений 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 литых 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 усталост-

ных 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 изготовляемой 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 разъедания, 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 рассмотрим подробнее. Механический износ деталей оборудования может быть полным, если повреждена вся поверхность детали, или местным, если поврежден какой-либо ее участок (рис. 2).

В результате износа направляющих станков нарушаются их плоскостность, прямолинейность и параллельность вследствие действия на поверхности скольжения неодинаковых нагрузок. Например, прямолинейные направляющие *2* станка (рис. 2, *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. 2, *б*). Износ происходит на участке движения порш-

невых колец и проявляется в виде выработки внутренних стенок цилиндра или гильзы. Искажается форма отверстия цилиндра — образуются отклонения от цилиндричности и круглости (бочкообразность), 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 п о р ш н я (рис. 2, *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.

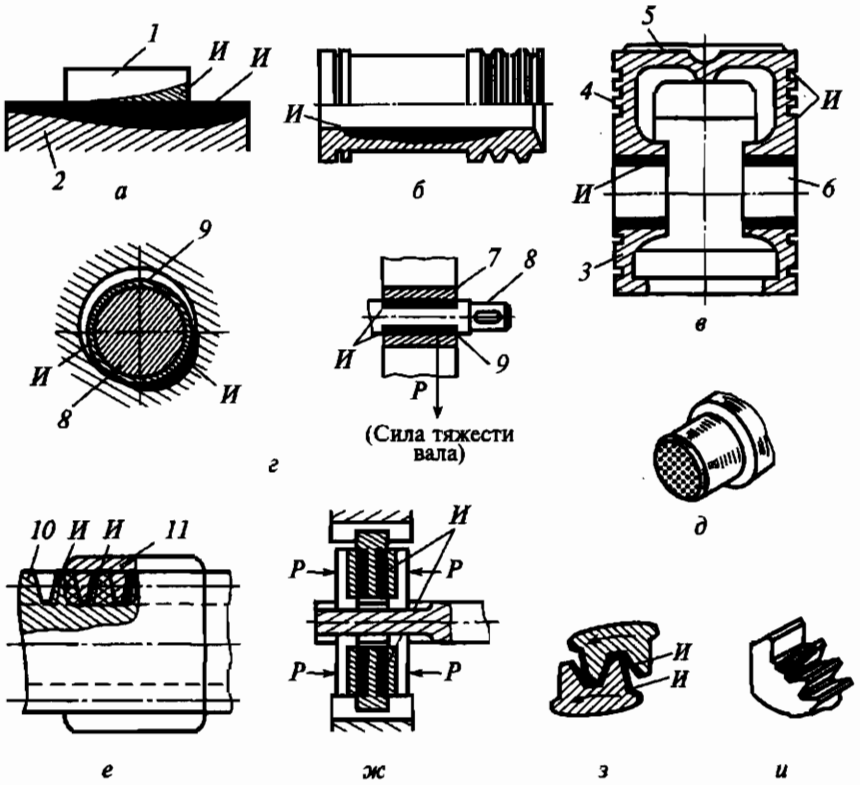


Рис. 2. Характер механического износа деталей:

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. 2, *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. 2, *г*).

В зубчатых передачах наиболее часто изнашиваются зубья (рис. 2, *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 трапецеидальную или прямоугольную резьбу. У винта и его гайки изнашивается резьба, витки становятся тоньше (рис. 2, *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. 2, *ж*); их поверхности истираются, на них появляются царапины, задиры, нарушается 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. Грани головок болтов и гаек чаще

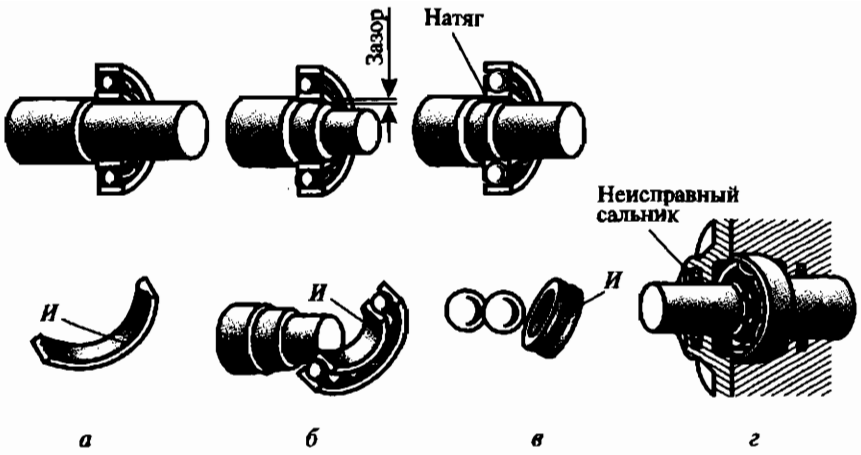


Рис. 3. Износ подшипников качения:

а — вследствие перекоса; *б* — при проворачивании внутреннего кольца на валу; *в* — из-за чрезмерного натяга; *г* — из-за неисправного сальника; *И* — места износа

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. 3, *а—г*) износу подвержены рабочие поверхности — на них появляются оспинки, 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. 4). 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. 4, *а*). Разрушение рабочих поверхностей зубьев вследствие интенсивного выкрашивания (рис. 4, *б*) часто называют *отслаиванием* (происходит отделение от поверхности трения материала в форме чешуек).

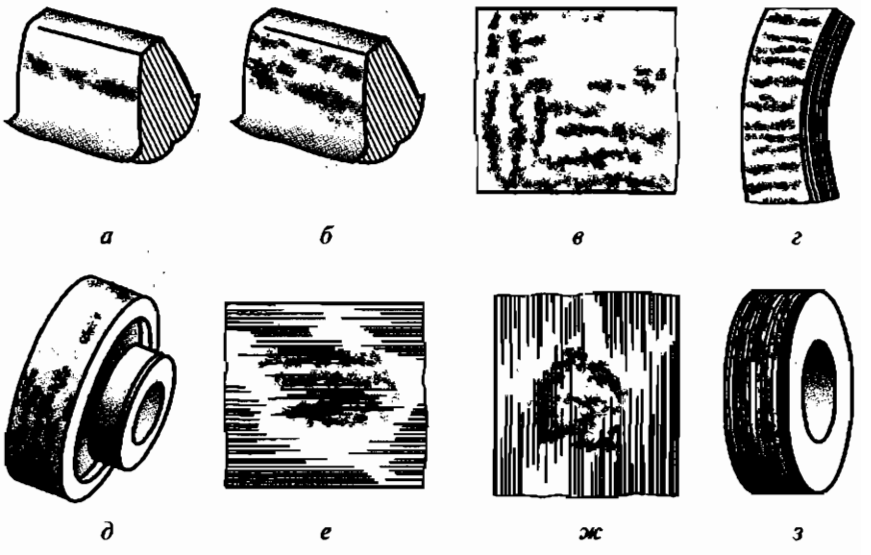


Рис. 4. Характерные виды износа поверхностей скольжения:

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. 4, *в* показана поверхность, разрушенная коррозией. Поверхность чугунного порошкового кольца (рис. 4, *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. 4, *д*) показаны риски, которые появляются при воздействии на вращающийся барабан твердого тела или твердых частиц. Задиры (рис. 4, *е*) образуются в результате схватывания поверхностей при трении вследствие действия между ними молекулярных сил. На рис. 4, *ж* показана рабочая поверхность детали с налипшими на нее посторонними частицами, а на рис. 4, *з* — поверхность детали с износом при заедании в результате схватывания — глубинного вырыва материала и переноса его с другой поверхности трения.

2.3. Признаки износа

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 60 °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.

2.4. Основные понятия о надежности машин

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 металлорежущих 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. Металлорежущие 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 трущихся 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.

2.5. Основные правила 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-ремонтником.

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 металлорежущих 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.

2.6. Особенности выбора материалов при ремонте

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; шпиндели изготавливают из стали 40Х. Такие же шпиндели, 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 12ХН3А, 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.

2.7. Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования

Промышленное производство несет большие материальные потери из-за простоев 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?

Глава 3

ПУТИ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

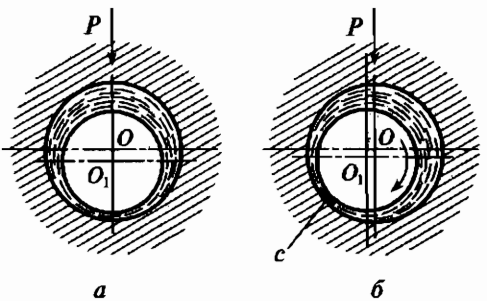
3.1. Значение режима смазывания для увеличения долговечности работы машин и механизмов

Одна из основных мер борьбы с износом деталей машин — это своевременное смазывание трущихся поверхностей. Слой смазочного материала разделяет трущиеся 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 трущихся поверхностей, способа подачи смазки, ее вязкости).

На рис. 5, *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 P и нагрузки, направленной сверху вниз, прижимается к нижней части подшипника, зазор c между подшипником и цапфой имеет серповидную форму (рис. 5, *а*).

При вращении вала масло, заполняющее зазор, будет увлекаться под



а *б*

Рис. 5. Положение вала в подшипнике в состоянии покоя (*а*) и во время работы (*б*)

цапфу; последняя как бы всплывает (рис. 5, *б*), образуя на самом узком участке *с* зазор — 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 OO_1 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 °С). 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.

3.2. Смазочные материалы 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 перемеще-

ние 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 ($м^2/с$), равный кинематической вязкости, при которой динамическая вязкость среды плотностью 1 $кг/м^3$ 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 °С. Условную (или относительную) вязкость, ранее обозначавшуюся в технической литературе градусами Энглера (°Е), выражают в градусах $ВУ_{50}$ или $ВУ_{100}$. Индекс обозначает температуру масла при испытании, которую принимают равной 50 или 100 °С. 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 пе-

ремещений узлов станков следует применять антискачковое 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. 6).

Таблица 6

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/мм²); 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 °С
Солидол синтетический УС-1 и УС-2 (универсальная среднеплавкая, синтетическая, влагостойкая)	1033—75	Сборочные единицы трения, работающие при температурах до +65 °С
Графитная смазка УСс-А (влагостойкая)	3333—80	Тяжело нагруженные сборочные единицы трения, зубчатые передачи, рессоры, лебедки и т. п.

3.3. 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 трубки-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 про-

точной 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 разбрызгивания или с помощью колец, при принудительной — масло поступает в комплексы трения под действием силы тяжести, а также подается насосом или сжатым воздухом.

Смазочные устройства. 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. 6, *а*). В данном случае смазка (густая или жидкая) подается с помощью шприца. Колпачковая масленка (рис. 6, *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. 6, *в*. Из нее масло в нужных количествах каплями попадает к смазываемому месту через фитиль *1*, 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

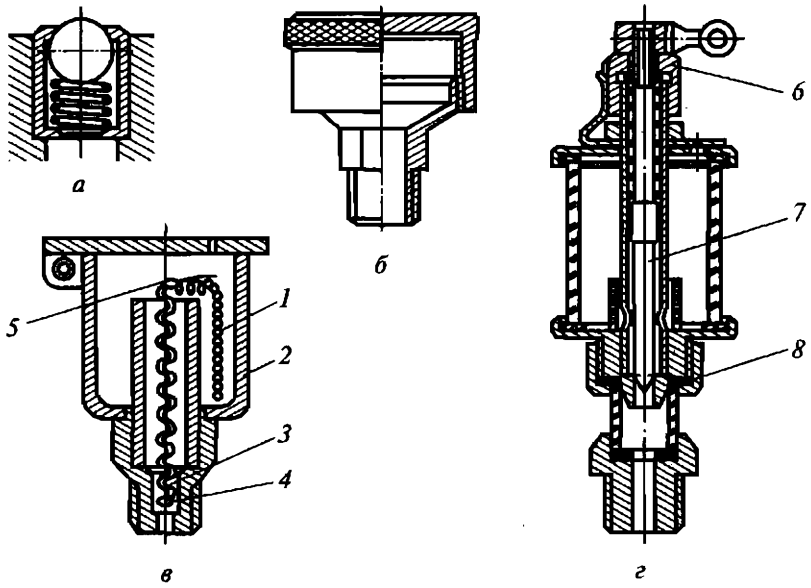


Рис. 6. Масленки индивидуального смазывания:

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

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. 6, *г*). Количество подаваемого из них масла регулируют подвинчиванием гайки *6*. Масло поступает к смазываемым рабочим поверхностям через отверстие *8*, сечение которого увеличивается или уменьшается в зависимости от положения иглы *7*. Подвинчивая или отвинчивая 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.

Смазочный насос плунжерного типа (рис. 7) 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 кла-

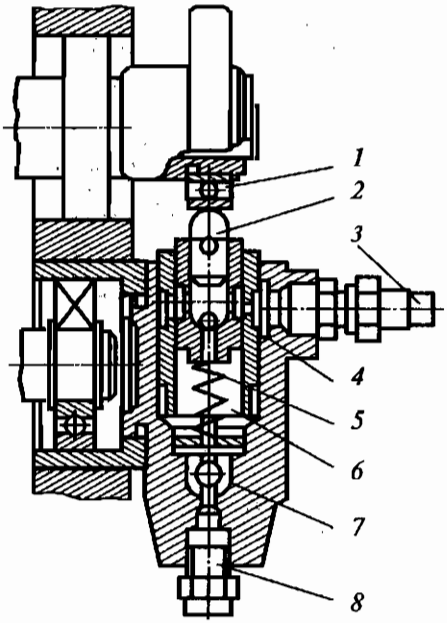


Рис. 7. Смазочный насос плунжерного типа:

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

пан *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.

Виды смазывания. 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 масляную 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. 8), являясь, как и кольцевое, разновидностью циркуляционной системы со свободной циркуляцией масла, осуществляется путем частичного погружения трущихся деталей в масло или разбрызгивания последнего, находящегося в картере. Во втором случае одна из деталей механизма (шестерня, крылатка), соприкасаясь с маслом, разбрызгивает 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. 9) 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 под-

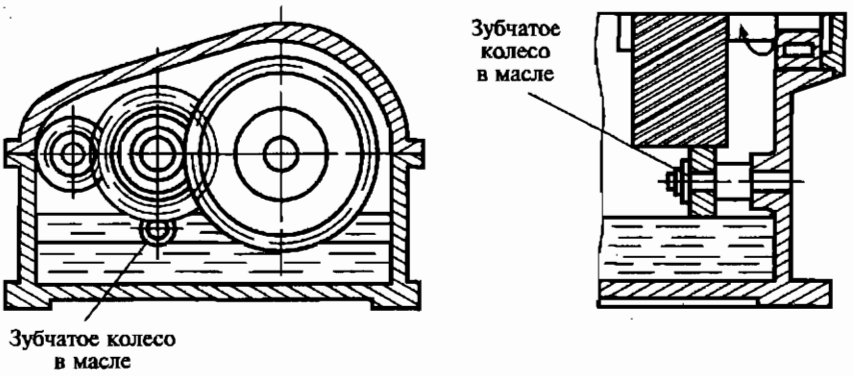


Рис. 8. Схема картерного смазывания редуктора

шипников, муфт и зубчатых колес автоматической коробки скоростей токарного станка. После смазывания необходимых поверхностей масло собирается на дне коробки *1*, откуда через сливной фильтр *2* возвращается в резервуар *1*. Контроль за подачей масла осуществляется по маслоуказателям на распределителе *8*, а уровень контролируется по маслоуказателю *4*. Масло заливают в резервуар через заправочное отверстие *3*.

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 труднодо-

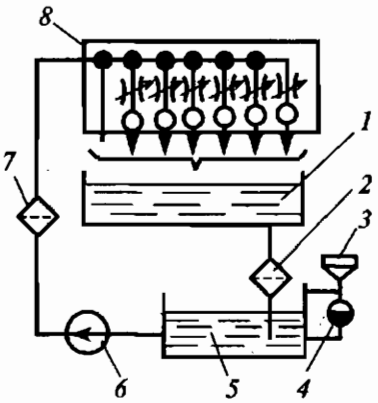


Рис. 9. Схема циркуляционного смазывания с принудительной циркуляцией масла под давлением:

1 — коробка; *2* — сливной фильтр; *3* — заправочное отверстие; *4* — маслоуказатель; *5* — резервуар; *6* — насос; *7* — фильтр тонкой очистки; *8* — распределитель

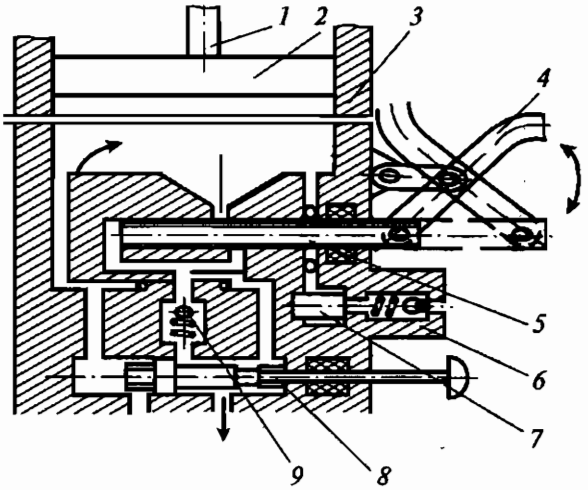


Рис. 10. Схема ручной централизованной смазочной станции СРГ:

1 — указатель уровня; *2* — поршень; *3* — резервуар смазки; *4* — рычаг; *5* — насос; *7* — сетчатый фильтр; *6*, *8* и *9* — заправочный, переключающий и обратный клапаны

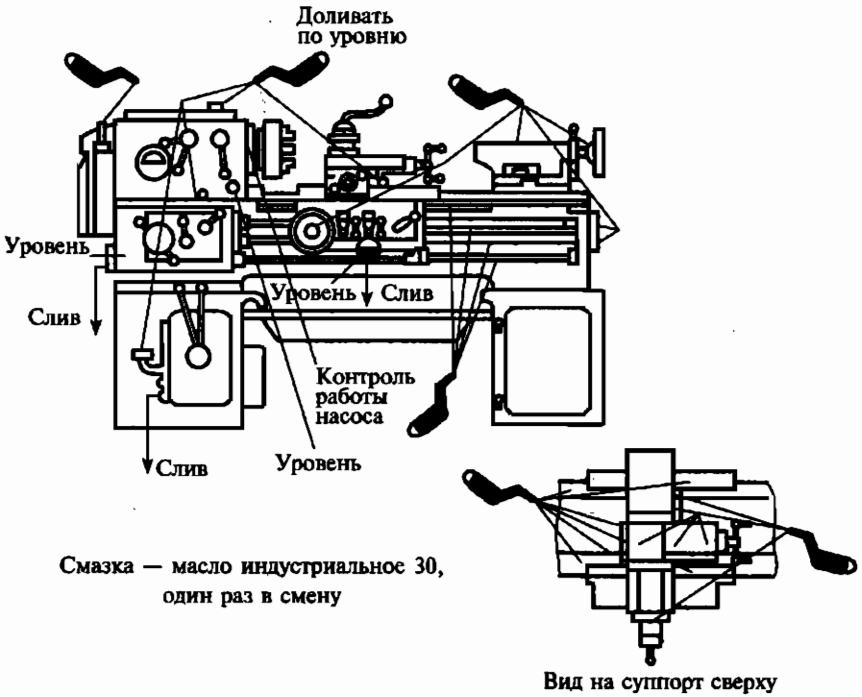


Рис. 11. Схема смазки токарных станков

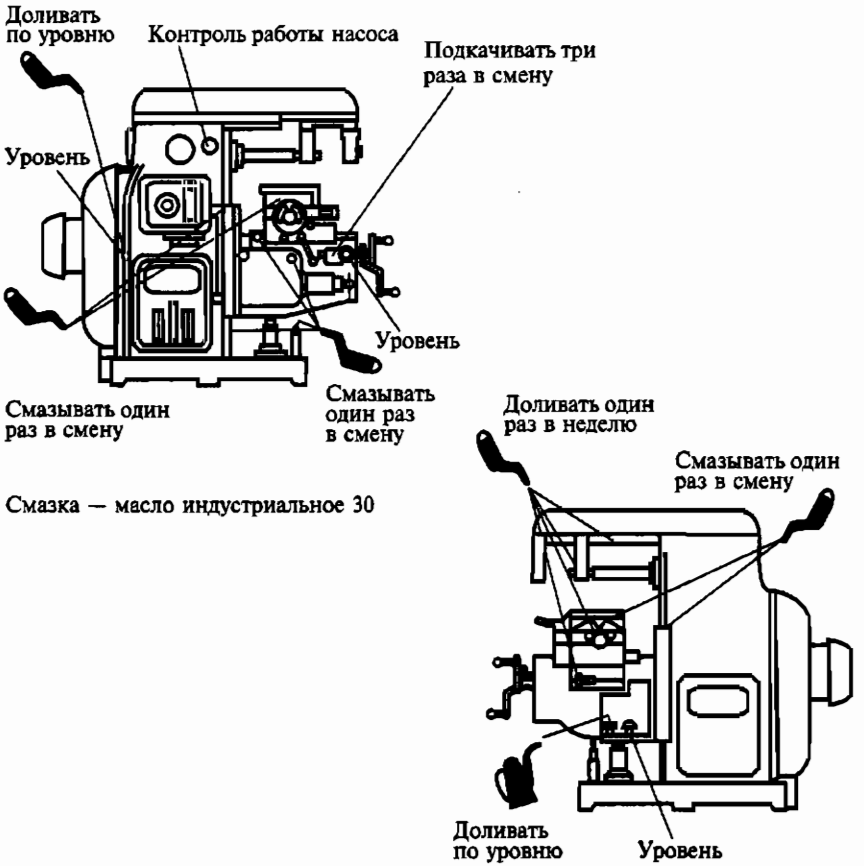


Рис. 12. Схема смазки фрезерных станков

ступные 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.

Смазочные станции. 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. 11, 12 приведены схемы смазки токарных и фрезерных станков с указанием точек смазки и периодичности.

3.4. Диагностирование 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 металлорежущих 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. 7 приведены некоторые примеры диагностических методов и средств измерений, применяемых в различных случаях.

Таблица 7

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

Окончание табл. 7

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 процесов (проскальзывания ременной передачи)	Тахометр
Несоответствие геометрических размеров изготовляемого изделия ТУ	Установление измеряемых параметров	Микрометр, индикатор и др.

3.5. Техническая документация ремонтных работ

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, изготовлять необходимые детали заблаговременно, 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; чер-

тежи 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.

3.6. 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. 13, *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. 13, *б*) или в таблице (рис. 13, *в*), которую помещают в правом углу чертежа.

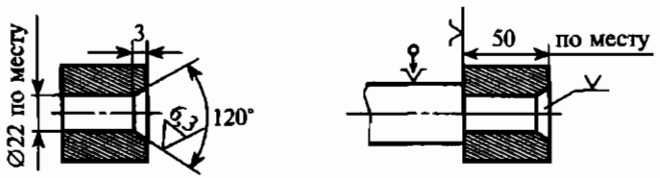
Технические требования, относящиеся к элементу детали или сборочной единицы, располагают на ремонтном чертеже, как правило, рядом с соответствующим элементом или участком детали или сборочной единицы.

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.

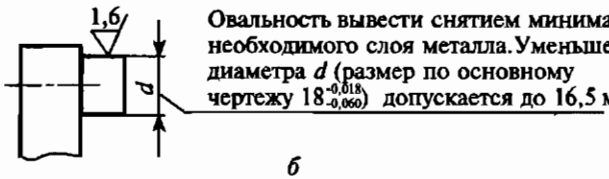
Если при ремонте детали вводятся дополнительные детали (втулка, стопорный винт и т. п.), то ремонтный чертеж выполняется как сборочный.

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.

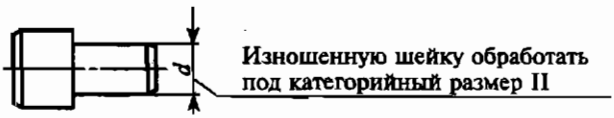


а



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

Рис. 13. Примеры изображений деталей на ремонтных чертежах

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.

3.7. Подготовка оборудования к ремонту

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.

3.8. Разборка станка

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.

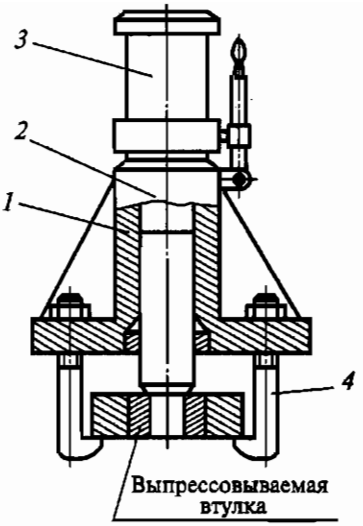


Рис. 14. Гидравлический съемник: *1* — цилиндр; *2* — поршень; *3* — плунжерный насос; *4* — захват

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. 14, 15).

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 °С), 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 устранить ее.

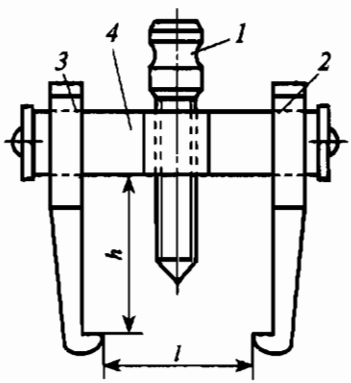


Рис. 15. Съемник с двумя захватами: *1* — винт; *2* и *3* — захваты; *4* — коромысло

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.

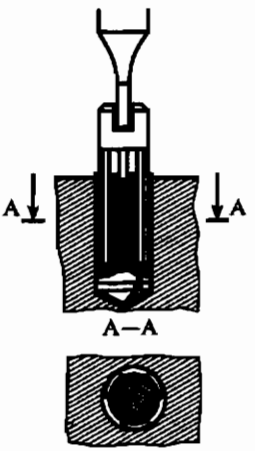
23. Шплинты удаляются шплинтодерами или срубаются зубилом, а остатки убираются плоскогубцами или бородками.

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

Разборка узла шпинделя. Немного отвинтив стопорный винт *14* (рис. 16), 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*.

Таблица 8

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 ножовкой шлиц и отверткой выворачивают сломанную часть
Высверливанием	Сломанная часть высверливается сверлами меньшего диаметра, чтобы не повредить резьбу
Вывертыванием сломанных метчиков трехштырьковой вилкой 	Трехштырьковая вилка со шлицем устанавливается в канавки сломанного метчика. Отвертка вставляется в шлиц вилки и осторожно, с раскачиванием, выворачивается осколок сломанного метчика. Перед вывертыванием сломанного метчика из детали в отверстие заливают керосин, чтобы смягчить вывертывание
Электроискровым методом	Применяется для закаленных деталей. Электрод — латунная трубка диаметром 1...2 мм меньше диаметра резьбы винта или шпильки

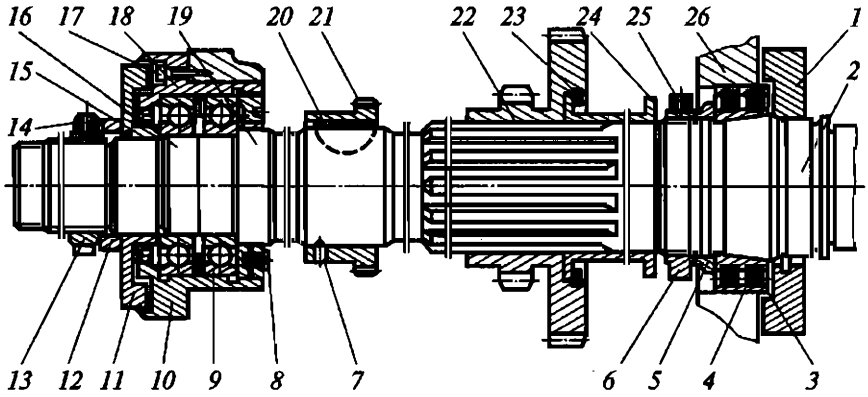


Рис. 16. Шпиндельный узел токарно-винторезного станка:

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; *15* — уплотнение; *18* — стакан; *20* — шпонка; *21* и *22* — зубчатые колеса; *23* — стопорные пружинные кольца; *24* — поводок блока шестерен; *26* — корпус

Разборка подшипников. Подшипники, расположенные недалеко от торца вала, снимают с помощью специальной скобы (рис. 17, *а*), состоящей из трех клещевидных 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 центровое 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. 17, *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. 17, *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*

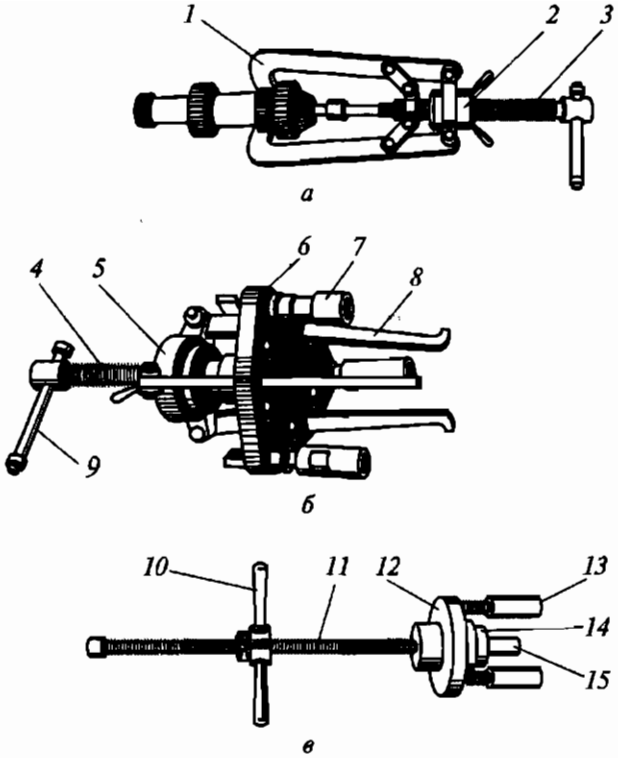


Рис. 17. Приспособления, применяемые при разборке подшипников:

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

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. 16) серии 3182100 в современных шпиндельных узлах предусматривается специальная система гидроразжима (рис. 18, *а*, *б*). Это связано с тем, что при запрессовке и выпрессовке внутренних колец осевое усилие достигает 20...40 кН даже при неболь-

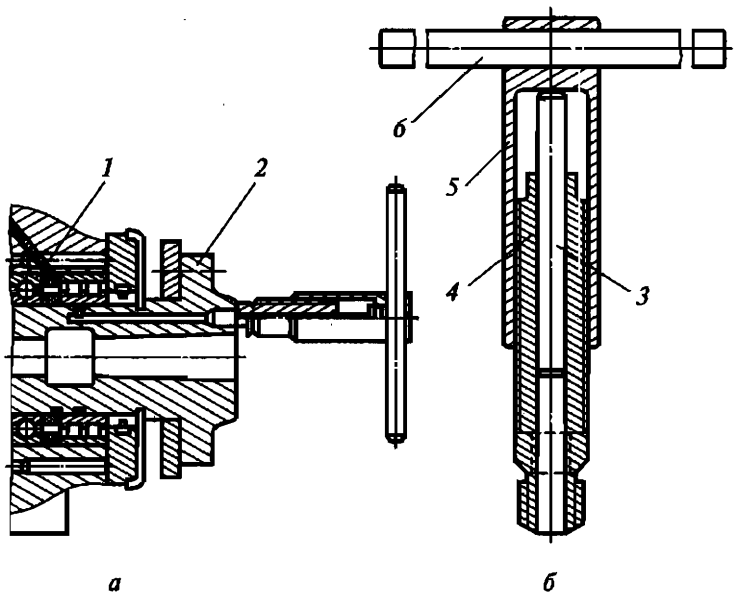


Рис. 18. Система гидроразжима внутренних колец подшипников:

а — шпиндельный узел с приспособлением для разжима; *б* — плунжерный ручной насос; *1* — подшипник; *2* — шпиндель; *3* — плунжер; *4* — цилиндр; *5* — гильза; *6* — рычаг

ших диаметрах шпинделя (до 100 мм), а гидроразжим 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.

3.9. Очистка и промывка деталей

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 жидком 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 обезжиривании стальных деталей наилучший результат дает применение раствора, содержащего 30 г тринатрийфосфата и 3 г моющего средства ОП-7 или ОП-10 на 1 л воды. Оптимальная температура раствора для очистки 50...70 °С. Очистку проводят в специальных ваннах или агрегатах, в конструкциях которых учтены условия наиболее 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 полированными 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. 19) имеет бак *1* вместимостью 2,5 м^3, 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).

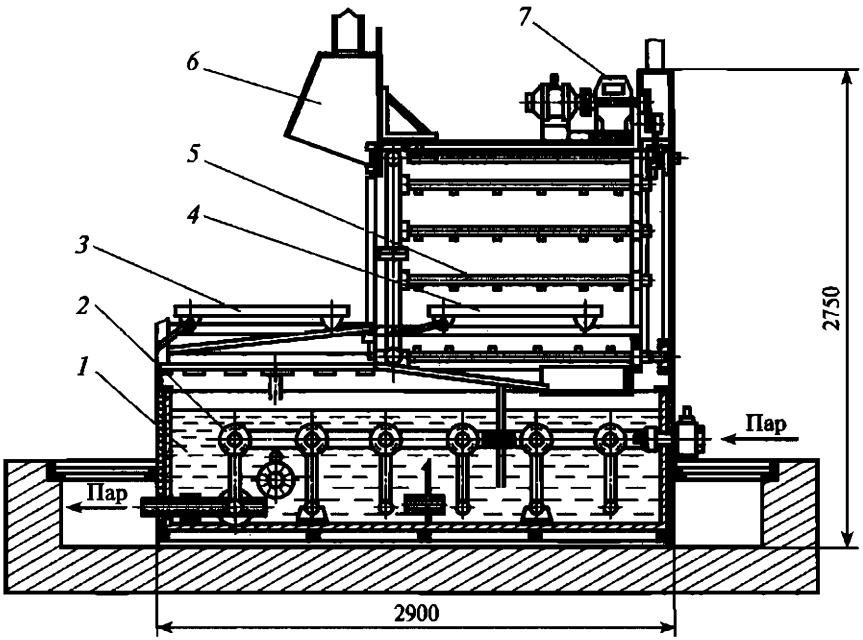


Рис. 19. Стационарная моечная машина:

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, укладываемых 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.

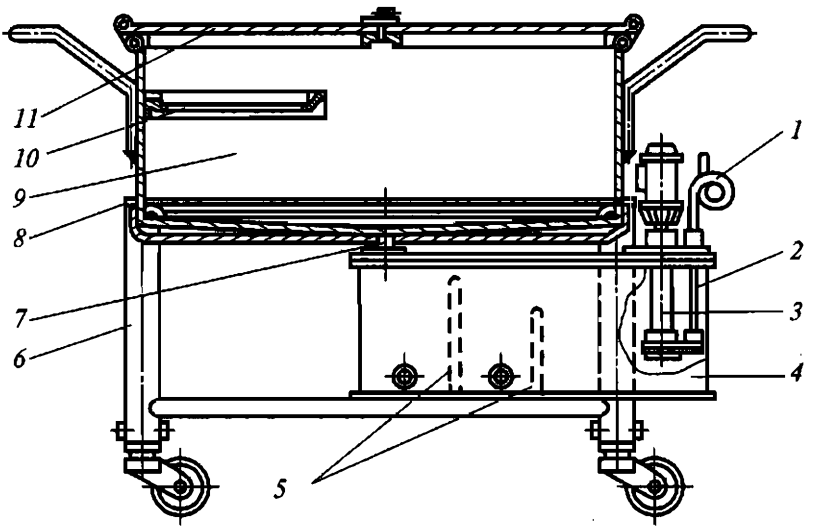


Рис. 20. Передвижная моечная машина:

1 — шланг; *2* — труба; *3* — электронасос; *4* — бачок; *5* — перегородки; *6* — тележка; *7* — патрубок; *8* — сетка; *9* — ванна; *10* — полка; *11* — крышка

Передвижная моечная машина (рис. 20) 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.

3.10. Дефектация деталей

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 предельных 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. 9.

Таблица 9

Способы дефектации деталей

Способы дефектации	Характеристика и применение
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 укажет на имеющуюся неплотность
Измерение	Позволяет определить величину износа, отклонения элементов детали от правильной геометрической формы (овальность, конусообразность, неплоскостность) 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, происшедшие в материалах детали в процессе эксплуатации из-за наклепа, 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.

Окончание табл. 9

Способы дефектации	Характеристика и применение
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
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 проба	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

3.11. Сборка 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 припиливанием, 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 $-78\,^{\circ}C$), в среде жидкого воздуха ($-193\,^{\circ}C$), в жидком азоте ($-195{,}8\,^{\circ}C$).

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

Общая сборка машины (станка). 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.

За Заказ №13147

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. 21) 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

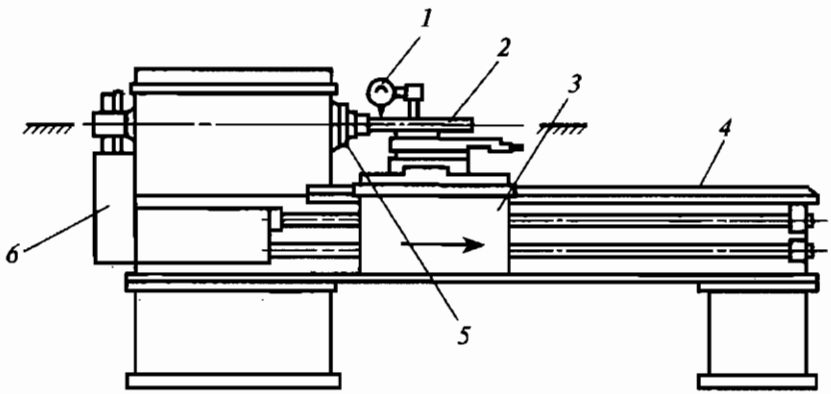


Рис. 21. Схема проверки параллельности оси шпинделя направляющим станины:

1 — индикатор; *2* — цилиндрическая оправка; *3* — суппорт; *4* — направляющие станины; *5* — шпиндель; *6* — передняя бабка

на необходимость дополнительного шабрения сопрягающихся со станиной поверхностей передней бабки *6*. 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 нарушат 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. 22) 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 ре-

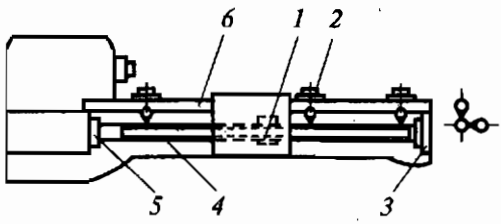


Рис. 22. Схема проверки совмещения осей винта и разъемной гайки, а также параллельности винта направляющим станины:
1 — разъемная гайка; *2* — индикатор; *3* и *5* — подшипники; *4* — ходовой винт; *6* — направляющие станины

менную 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.

3.12. Обкатка и испытание машин 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 °С, 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 сблокированы 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 допу-

стимой 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. 21), 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. 22).

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?

Глава 4

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.1. Подъемно-транспортные средства, применяемые при ремонте

При ремонте оборудования выполнение многих работ связано с подъемом и перемещением тяжелых деталей, сборочных единиц (узлов) и даже машин в сборе, поэтому применение подъемно-транспортных средств необходимо. К подъемно-транспортному оборудованию относятся специальные устройства, с помощью которых производят подъем и перемещение тяжелых деталей, узлов оборудования и других грузов. Слесарям-ремонтникам во время работы часто приходится поднимать такие детали и узлы и транспортировать их в разных направлениях и на разные расстояния. Использование указанных устройств намного ускоряет и облегчает выполнение ремонта. Грузоподъемные устройства могут быть с ручным, механическим или каким-либо другим приводом.

Номенклатура грузоподъемных механизмов и машин весьма обширна. Их можно разделить на три основные группы:

устройства для перемещения грузов в горизонтальном направлении — лебедки, транспортеры и конвейеры, тельферные тележки и т. п.;

устройства для перемещения грузов в вертикальном направлении — домкраты, подъемники, блоки, лебедки;

устройства для вертикального и горизонтального перемещений грузов — тали, краны, тельферы.

Блок (рис. 23, *а*, слева) — это вращающийся на оси диск, по ободу которого сделан желоб для каната или цепи. Ось блока укреплена в отверстиях вилкообразной скобы, называемой обоймой. Обойма может быть подвижной, т.е. опускающейся и поднимающейся вместе с блоком, и неподвижной (соответственно этому и сам блок называют подвижным или неподвижным).

Груз поднимают с помощью перекинутого через блок каната. Если скорость вертикального перемещения груза менее важна, чем экономия в силе для его подъема, пользуются двумя блоками — подвижным и неподвижным (рис. 23, *а*, справа). Поднимаемый груз подвешивают к обойме подвижного блока, охватываемого снизу канатом, один конец которого закреплен на обойме непо-

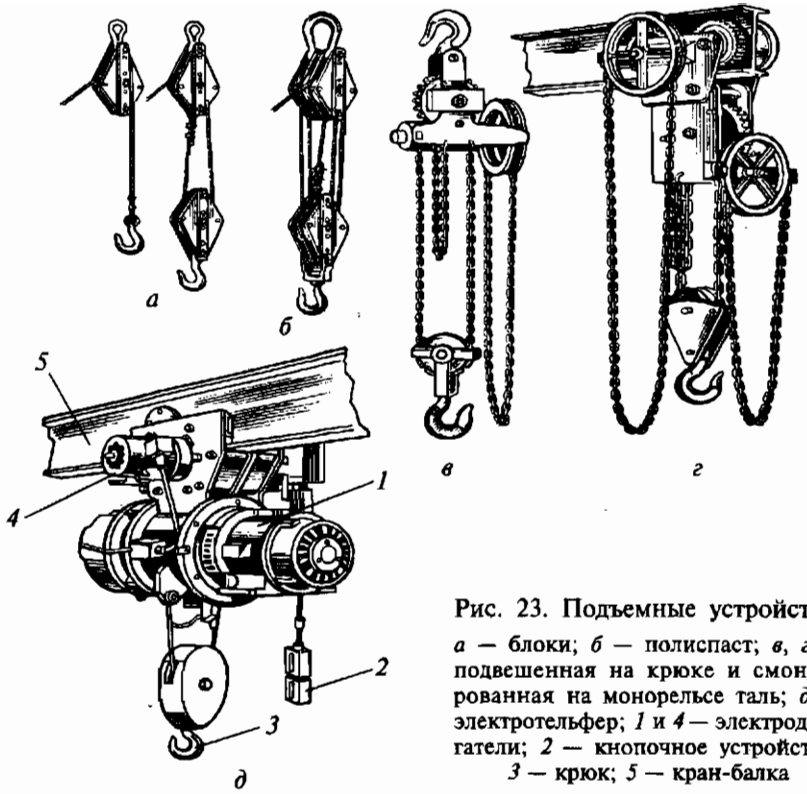


Рис. 23. Подъемные устройства: *а* — блоки; *б* — полиспаст; *в*, *г* — подвешенная на крюке и смонтированная на монорельсе таль; *д* — электротельфер; *1* и *4* — электродвигатели; *2* — кнопочное устройство; *3* — крюк; *5* — кран-балка

движного блока; второй (свободный) конец каната при подъеме груза тянут вниз. Так как масса груза в данном случае распределяется на две ветви каната, требуемая подъемная сила должна быть равна лишь половине значения веса поднимаемого груза.

Чтобы получить выигрыш в силе более чем в 2 раза, пользуются системами блоков — *полиспастами*. На рис. 23, *б* показана система блоков, из которых два подвижных расположены в нижней, общей обойме, служащей для подвешивания груза, а три неподвижных установлены в верхней общей обойме. При применении полиспаста с такой системой блоков требуемая подъемная сила уменьшается в 5 раз, так как масса груза распределяется между пятью канатами.

Тали часто применяют в ремонтных работах, подвешивая их над рабочим местом с помощью треноги. Грузоподъемность талей различна (ее значение указывают в заводском клейме, имеющемся на механизме). Ручная таль может быть или подвешена с помощью верхнего крюка (рис. 23, *в*), или смонтирована на монорельсе с помощью кошки (рис. 23, *г*). В последнем случае груз будет перемещаться не только вверх, но и в горизонтальном направлении.

Электротельферы получили в ремонтной практике большое распространение. У этих механизмов электродвигатель *1* (рис. 23, *д*) с фланцевым креплением установлен на тележке, перемещающейся по кран-балке *5* электродвигателем *4*. На барабане электротельфера намотан трос, к которому подвешен блок с крюком *3*. Электротельфером управляют с пола с помощью подвесного кнопочного устройства *2*. Грузоподъемность электротельфера от 2,5 Н до 50 кН.

Весьма распространенным видом подъемно-транспортного оборудования являются *краны*, перемещающие грузы в вертикальном и горизонтальном направлениях. По своему устройству и характеру передач краны бывают поворотными и мостовыми, а по типу привода — ручными и электрическими.

Мостовой кран (рис. 24) представляет собой мост из металлических ферм *8*, опирающихся концами на балки, в которых закреплены ходовые колеса *3*. Этими колесами, приводимыми во вращение специальным механизмом *7*, мост перемещается по подкрановым путям *5* и *11* вдоль цеха. Механизм *7* состоит из электродвигателя *6*, редуктора и длинного трансмиссионного вала *9*, воздействующего на ходовые колеса крана. По мосту передвигается

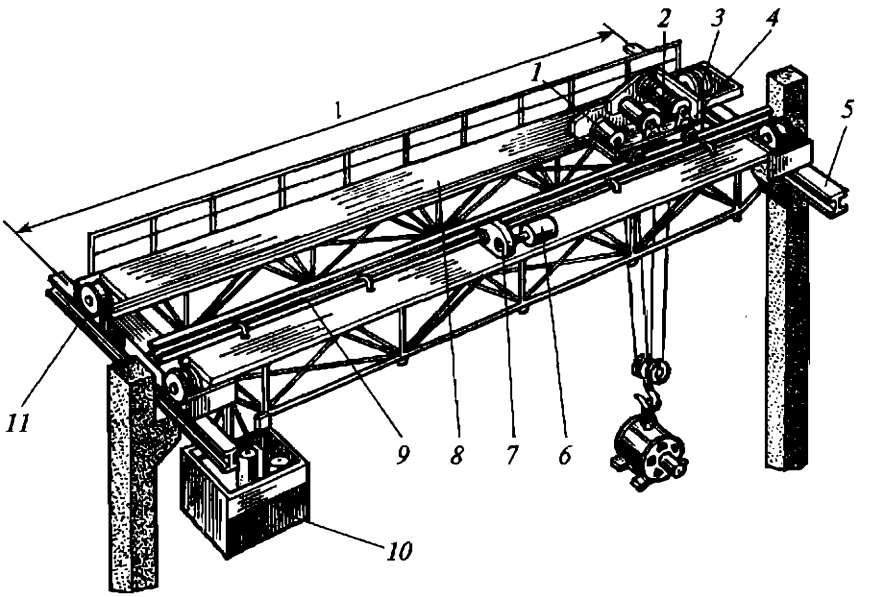


Рис. 24. Мостовой кран:

1 и *2* — механизмы подъема груза и передвижения тележки; *3* — ходовые колеса; *4* — тележка; *5* и *11* — подкрановые пути; *6* — электродвигатель; *7* — механизм, приводящий во вращение ходовые колеса; *8* — фермы; *9* — трансмиссионный вал; *10* — кабина управления

тележка *4*, на которой смонтированы механизм *2* подъема груза и механизм *1* передвижения самой тележки. Мостовой кран совершает три движения — подъем и опускание груза, передвижение тележки и передвижение моста. Управление всеми движениями сосредоточено в кабине управления *10*. Имеются также мостовые краны, на которые подают команды с подвесного пульта (на рисунке не показан). Основными характеристиками мостового крана являются его грузоподъемность (кг или т) и пролет *l* (м).

Домкраты часто используют при ремонте в качестве грузоподъемного оборудования. На рис. 25, *а* показан винтовой домкрат грузоподъемностью до 15 т (есть домкраты, поднимающие и большие грузы). Домкрат с зубчатой рейкой (рис. 25, *б*) имеет грузоподъемность от 500 кг до 20 т.

Домкратами пользуются для подъема грузов на небольшую высоту или их горизонтального перемещения на небольшое расстояние. Во втором случае их располагают горизонтально и упирают в стенку или колонну.

При установке оборудования применяют клиновые домкраты (рис. 25, *в*), с помощью которых станкам легко придают строго горизонтальное или вертикальное положение. Опору *1* клинового домкрата, соприкасающуюся своей нижней скошенной плоскостью с клином *2*, подводят под лапы станины и поворотом винта *3* пе-

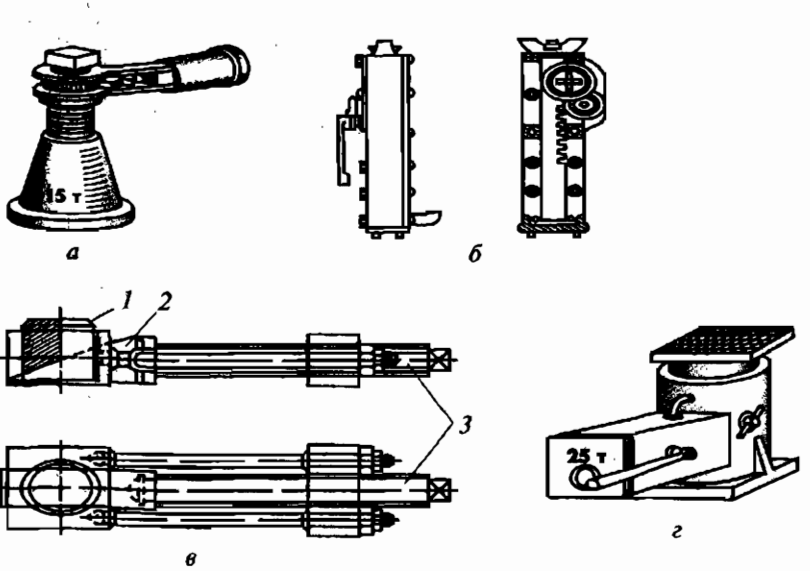


Рис. 25. Домкраты:

а — винтовой; *б* — с зубчатой рейкой; *в* — клиновой; *г* — гидравлический; *1* — опора; *2* — клин; *3* — винт

ремещают в горизонтальном направлении клин *2*, в результате чего станок поднимается или опускается на требуемую величину. Тяжелые грузы поднимают гидравлическим домкратом (рис. 25, *г*).

При работе с домкратами необходимо придерживаться следующих правил:

перед началом работы следует проверять состояние домкрата, а особенно внимательно — храповик и его работу (следует помнить, что соскакивание собачки при подъеме груза может привести к серьезной аварии); при работе необходимо устанавливать домкрат без перекосов, подкладывая под его основание доски или брусья;

чтобы не повредить поднимаемый груз, нужно между ним и головкой домкрата поместить прокладку, лучше всего деревянную;

домкрат нельзя нагружать сверх указанной на нем грузоподъемности;

механизм домкрата необходимо периодически чистить и смазывать.

Гидравлический подъемник (рис. 26, *а*, *б*) применяют для подъема и опускания сборочных единиц и деталей ремонтируемого оборудования (главным образом для снятия тяжеловесных и не-

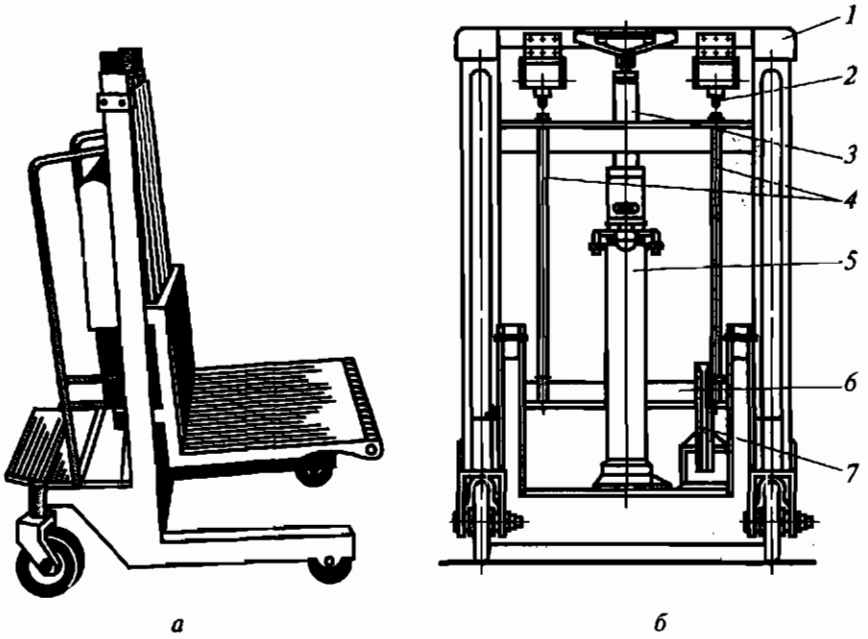


Рис. 26. Общий вид (*а*) и устройство (*б*) гидравлического подъемника:
1 — подвижная рама; *2* — звездочка; *3* — шток; *4* — цепи; *5* — силовой цилиндр; *6* — грузовая платформа; *7* — педаль

удобных для захвата деталей), а также для снятия и транспортирования оснастки, тисков и приспособлений. Подъемник имеет небольшие размеры, что дает возможность использовать его при работе в узких проходах между станками. Двойной привод грузовой платформы позволяет за 35...40 с поднять груз на высоту до 1500 мм. Платформу можно также опустить до уровня пола. Ролики на конце платформы позволяют быстро и легко нагружать и освобождать ее от груза.

Конструктивно гидравлический подъемник устроен следующим образом. В корпусе, сваренном из швеллеров и листового железа, смонтирован силовой цилиндр *5*, состоящий из штока *3*, поршня с резиновыми манжетами и штуцеров гидроразводки. Длина хода поршня 750 мм. Верхний конец штока соединен с подвижной рамой *1*, которая может свободно перемещаться в вертикальной плоскости. Один конец цепи *4* прикреплен к грузовой платформе *6*, а другой надет на звездочку *2* подвижной рамы и с помощью кронштейна закреплен на поперечном угольнике каркаса.

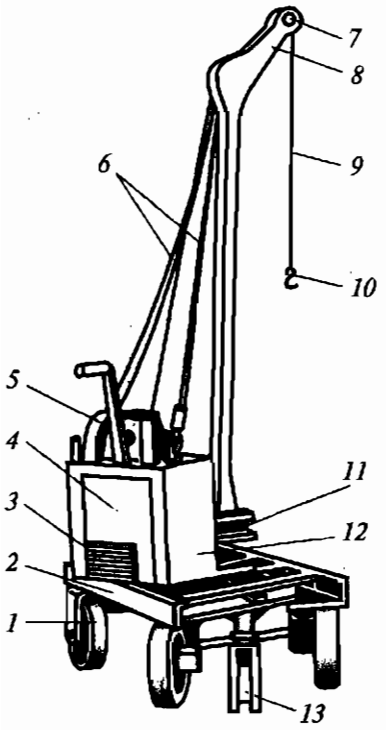


Рис. 27. Передвижной поворотный кран:

1 — задние колеса; *2* — тележка; *3* — фиксатор; *4* — противовес; *5* — ручная лебедка; *6* — тяги; *7* — блоки; *8* — стрела; *9* — трос; *10* — крюк; *11* — поворотная рама; *12* — опора; *13* — дышло

При нажатии на педаль *7* приходит в движение поршень насоса. Масло по трубопроводу из гидробака перекачивается в нижнюю полость силового цилиндра, а поршень перемещается со штоком, поднимая подвижную раму. Цепь, перекатываясь по звездочке, поднимает в свою очередь грузовую платформу. Таким образом, при ходе поршня силового цилиндра, равном 750 мм, грузовая платформа поднимается на 1500 мм.

Передвижной поворотный кран (рис. 27) установлен на четырехколесной тележке *2*. Ось его поворотной рамы *11* с закрепленной на ней стрелой *8* смонтирована на опоре *12*. Положение механизма регулируется тягами *6*. При подъеме груза тележка удерживается от опрокидывания противовесом *4*. На нем закреплена ручная лебедка *5*, которой под-

нимают груз с помощью троса *9*, перекинутого через два блока *7*, и крюка *10*. Стрелу в требуемом положении закрепляют фиксатором *3*. Для перевозки крана используют дышло *13*, а его неподвижность на месте работы обеспечивают стопорением задних колес *1* винтами.

4.2. Грузозахватные приспособления

Канаты. Во многих подъемно-транспортных механизмах в качестве грузозахватных приспособлений применяют канаты. Для перемещения легкого оборудования применяют простые пеньковые канаты, а для монтажных работ — смоленые и бельные пеньковые канаты машинной крутки, состоящие из трех, реже — из четырех прядей. Бельный канат более мягок, гибок и прочен, чем смоленый, но впитывает влагу и быстро загнивает, поэтому в эксплуатации смоленый канат более надежен.

Нагрузку на пеньковые канаты, бывшие в употреблении, снижают на 20...40 % в зависимости от их состояния. Сращивать грузовые канаты запрещено.

Стальные проволочные канаты для монтажных работ (рис. 28) состоят из шести круглых проволочных прядей *2*, расположенных вокруг пенькового сердечника *1*. Сердечник придает стальному канату гибкость, а кроме того, поглощает смазку и предохраняет проволоки каната от ржавчины. Диаметр каната должен быть в 8...16 раз, а диаметр его проволоки — в 250...450 раз меньше диаметра блока или барабана лебедки подъемного механизма. Чем меньше диаметр каната по сравнению с диаметром барабана, тем лучше работает канат.

Стальные канаты, бывшие в употреблении, необходимо тщательно осматривать, чтобы убедиться в отсутствии порванных проволок. Если в канате порвано более 10 % проволок, то его нельзя использовать для ответственных подъемов. Чтобы определить пригодность каната для дальнейшей работы, подсчитывают количество оборванных проволок на шаге свивки каната. (Шагом свивки стального каната называют расстояние между прядями, из которых свит канат. Для определения шага свивки на одной пряди делают метку, от нее вдоль каната отсчитывают имеющееся в канате количество прядей и на следующей после отсчета пряди ставят вторую метку. Расстояние между метками и являет-

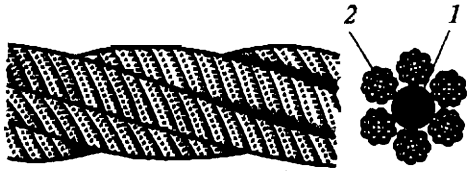


Рис. 28. Стальной канат:
1 — сердечник; *2* — проволочные пряди

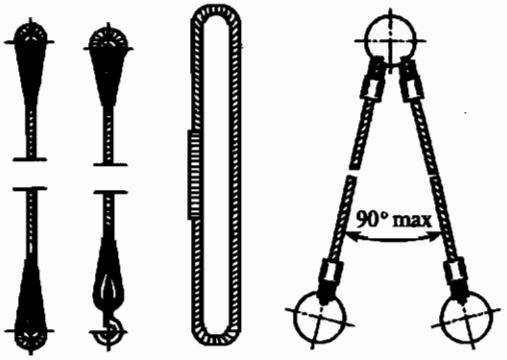


Рис. 29. Открытые (*а*), закрытые (*б*) и двухветвевые (*в*) стропы

ся шагом свивки.) Канат считают непригодным, если на шаге свивки число обрывов больше допустимого. В зависимости от количества проволок в канате и запаса прочности число оборванных проволок, при котором канат бракуют, составляет: у канатов из 114 проволок — от 12 до 16; из 222 проволок — от 22 до 30; из 366 проволок — от 36 до 40. Канаты с обрывами прядей к работе не допускаются. При износе или коррозии 40 % и более первоначального диаметра каждой из проволок канат также бракуют.

Стальные канаты смазывают канатной мазью, солидолом или другими смазочными материалами и хранят в сухом закрытом помещении, подвешивая на деревянных штырях или укладывая на деревянный настил. Длинные канаты и тросы должны быть смотаны в бухты. Канаты (тросы) и цепи, служащие для захвата и подвешивания грузов, являются вспомогательными средствами и называются такелажными. На них должны быть навешены бирки с указанием номера, максимальной грузоподъемности и даты последнего испытания.

Стропы. Из канатов, тросов и цепей изготовляют грузовые стропы. Канатные и цепные стропы (рис. 29) предназначены для навешивания грузов, имеющих специальные приспособления в виде рым-болтов, крюков, скоб. Универсальные стропы служат для строповки грузов обвязкой. Стропы изготовляют с различным количеством ветвей — от одной до четырех. Конец троса закладывают петлей в стальной, медный или латунный коуш, предохраняющий проволоки от истирания. Стропы хранят так же, как и стальные канаты.

Контрольные вопросы

1. Какие подъемно-транспортные средства применяют при ремонте промышленного оборудования?
2. Перечислите типы домкратов.
3. Как определяется пригодность каната для дальнейшей эксплуатации?

Глава 5

ТИПОВЫЕ МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

5.1. Экономическая целесообразность восстановления деталей

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 ино-

го 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. 5.2—5.9.

5.2. Восстановление деталей 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 устраненными, а форма детали восстановленной. К полученному свободному ремонтному размеру подгоняют соответствующий размер сопряженной детали методом индивидуальной при-

гонки. 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 шкалы 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. Нарушенную 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. 30).

Очередной ремонтный размер $d_{рл}$ (мм) ремонтируемого вала определяют по формуле

$$d_{рл} = d_{рл} - 2n_в(\delta'_в + \delta''_в),$$

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

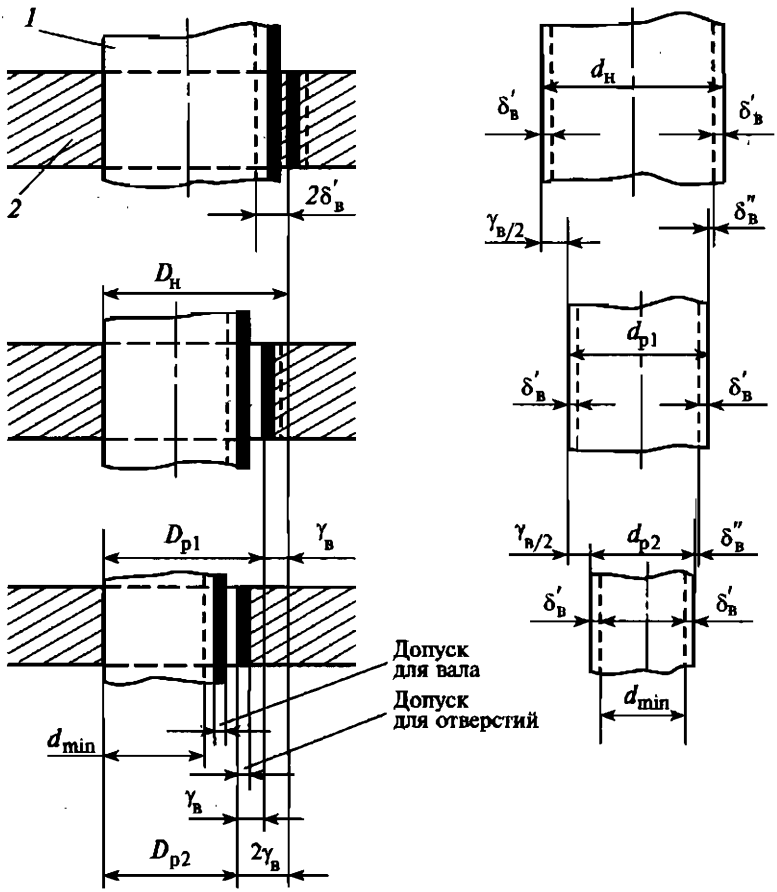


Рис. 30. Схема ремонтных размеров:
1 — ремонтируемая деталь; *2* — изготавливаемая деталь

Ремонтный интервал для диаметра вала

$$\gamma_в = 2\delta'_в + 2\delta''_в, \text{ или } \gamma_в = 2(\delta'_в + \delta''_в).$$

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

$$D_{рл} = D_н + n_о\gamma_о,$$

где $D_н$ — номинальный диаметр отверстия новой детали; $n_о$ — порядковый номер ремонтного размера отверстия; $\gamma_о$ — ремонтный интервал для диаметра отверстия, мм.

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

$$n_{р.в} = \frac{d_н - d_{min} - 2\delta'_в}{\gamma_в},$$

где $n_{р.в}$ — ремонтный интервал размеров для вала, мм; $d_н$ — номинальный диаметр вала, мм;

для отверстия

$$n_{р.о} = \frac{D_{max} - D_н - 2\delta'_о}{\gamma_о},$$

где $n_{р.о}$ — ремонтный интервал размеров для отверстия, мм.

Между первоначальными диаметрами $D_н$ и $d_н$ 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
$d_{р1} = d_н - \gamma_в$	$D_{р1} = D_к + \gamma_о$
$d_{р2} = d_н - 2\gamma_в$	$D_{р2} = D_н + 2\gamma_о$
$d_{р3} = d_н - 3\gamma_в$	$D_{р3} = D_н + 3\gamma_о$
$d_{рл} = d_н - n\gamma_в$	$D_{рл} = D_н + n\gamma_о$

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 спо-

соб 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.

5.3. Восстановление деталей сваркой и наплавкой

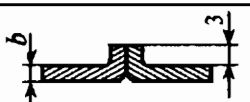
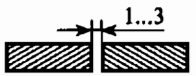
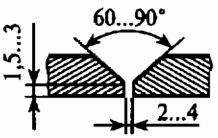
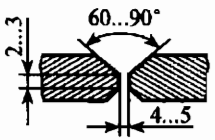
Сварка. Сварка применяется как способ неразъемного соединения деталей, а также для восстановления изношенных деталей.

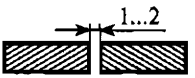
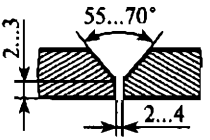
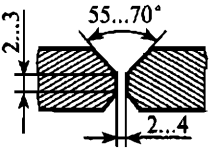
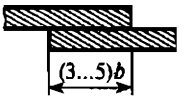
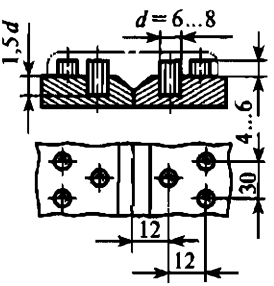
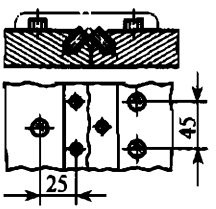
Перед ее началом места сварки детали и прилегающие зоны очищают от масла и грязи. Замасленные детали вываривают в растворе каустической соды, после чего промывают теплой водой. Место под сварной шов зачищают стальной щеткой, напильником, абразивным кругом, пескоструйным аппаратом или промывают растворителями.

Кромки в месте шва разделывают (табл. 11).

Таблица 11

Подготовка кромок швов к сварке

Толщина свариваемого металла, мм	Тип шва	Эскиз и размеры элементов шва, мм
Газовая сварка. Шов встык		
До 2	—	 *b* — толщина свариваемого металла, мм
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
Электросварка стали. Шов встык и внахлестку		
До 8	Без скоса кромок	
5...30	V-образный	
Свыше 20	Х-образный	
Свыше 2	Внахлестку	
Холодная электросварка чугуна с применением шпилек		
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 изготовляют 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 °С, 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.

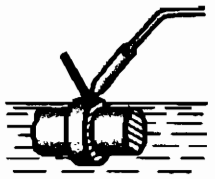


Рис. 31. Восстановление детали наплавкой

Наплавка. Наплавка применяется для восстановления детали путем наращивания на нее металла за счет расплавления присадочного материала газовой сваркой или электросваркой (рис. 31).

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 °С 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 сормайт) 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 высокохромис-

тых 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 асбестовыми листами. При наплавке чугунных деталей рекомендуется предварительно их нагреть до 700 °С.

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. 32). На его суппорт устанавливается виброголовка, получающая продольную или поперечную подачу, а в центрах или патроне

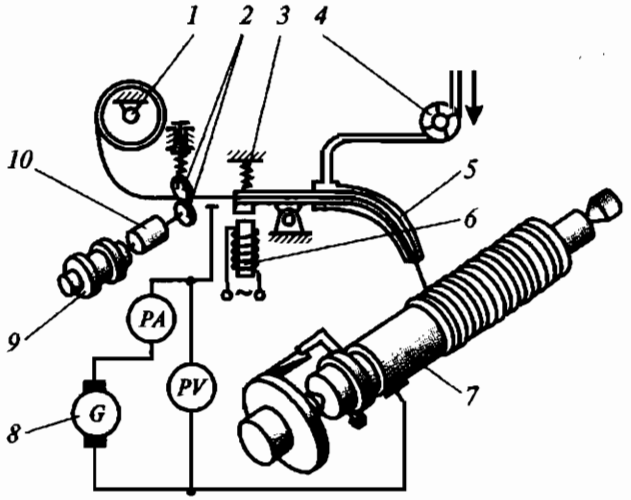


Рис. 32. Схема вибродуговой наплавки:

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

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 °С), что не вызывает деформаций и понижения твердости соседних закаленных участков наплавленной детали. Технологическая последовательность вибродуговой наплавки следующая: подготовка деталей к наплавке — очистка, промывка, обезжиривание; вибродуговая 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-1-03, 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 °С. 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 дополнительно уплотнить проковкой в горячем состоянии. Алюминиевые 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 обезжиривают, 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.КМЦ3-0,5, дающие плотный слой при наплавке на чугун и сталь. Прочность соединения с чугуном и сталью соответствует прочности литой латуни.

5.4. Восстановление деталей 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 МН/м^2, скорость переноса частиц — 100...250 м/с; размеры частиц — 10...20 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 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

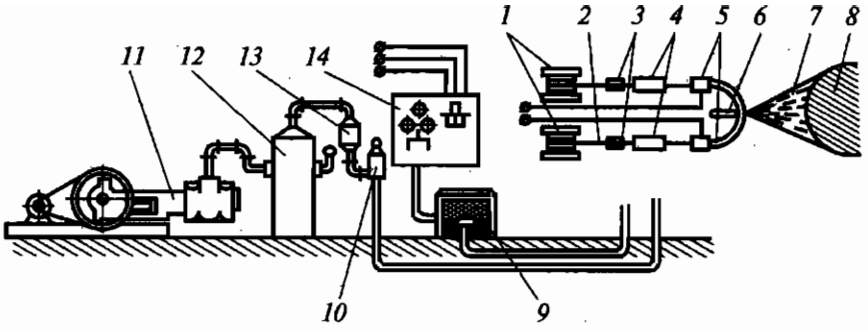


Рис. 33. Схема металлизационной установки:

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

деталях нарезается «рваная резьба» (глубина 0,5...0,75 мм, шаг 0,75...1,25 мм).

На рис. 33 приведена схема работы металлизационной установки. С барабана *1* проволока-электрод *2* подается тяговыми роликами *3* через направляющие трубки *4* в приемные трубки *5*, к которым поступает электрический ток. От компрессора *11* через сопло *6* подается сжатый воздух под давлением 0,5...0,6 МН/м^2. Расплавленный электродугой металл электрода подается на поверхность ремонтируемой детали *8*.

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

5.5. Восстановление и упрочнение деталей электролитическим способом

Гальваническое покрытие — это нанесение металла на поверхность детали электролитическим способом в целях ее восстановления (рис. 34). В электролитическую ванну вводят два электрода. Деталь *1*, расположенная на специальных подвесках, обычно является отрицательным электродом — катодом, а положительным электродом — анодом — является пластинка того металла, который наносится на деталь. При пропускании постоянного тока че-

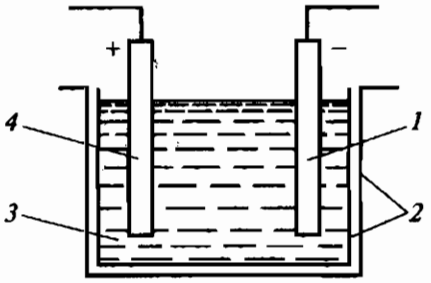


Рис. 34. Схема электролитического восстановления детали:

1 — деталь; *2* — облицовка; *3* — электролит; *4* — анодная пластинка

рез электролит на поверхности детали осаждается необходимый металл.

В табл. 12 приведены виды применяемых при ремонте гальванических покрытий. Перед процессом покрытия детали очищают, шлифуют, полируют, обезжиривают и протравливают для удаления окисных пленок.

Технологическая последовательность при хромировании: промывка, очистка и сушка деталей; определение шероховатости поверхности деталей, которая должна соответствовать $Ra = 0{,}1 \ldots 0{,}4$ мкм; установка деталей на подвеске; обезжиривание; промывка деталей в горячей воде; изоляция нехромируемых участков деталей целлулоидом; зачистка хромируемой поверхности тонкой шкуркой или обезжиривание 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 свыше $HRC_э$ 38...40. Износостойкость 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; обезжиривание дета-

Таблица 12

Характеристики основных гальванических покрытий

Вид покрытия	Применяемый электролит	Продолжительность процесса	Наибольшая толщина слоя, мм	Основные свойства покрытия и его применение
Хромирование	Хромовый ангидрид, серная кислота и дистиллированная вода	5...15 ч для получения слоя толщиной 0,1 мм (в зависимости от плотности тока в ванне сэлектролитом)	0,15	Высокая твердость (НВ 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 (железнение)	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 $(4...5)\cdot10^2$ МН/м², твердость НВ160...200. Для деталей, работающих со знакопеременными нагрузками, рекомендуется производить цементацию и закалку до требуемой твердости

лей; 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: обезжиривание деталей; сушка; загрузка деталей в ванну при температуре расплавленной буры 1000 °С; борирование при 950 °С (выдержка 1...2 ч); охлаждение на воздухе до 100 °С; промывка в воде при температуре 100 °С; контроль качества покрытия; контроль размеров обработанных поверхностей для определения припуска под механическую обработку.

5.6. Электромеханическое восстановление и упрочнение деталей

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.

5.7. Ремонт и упрочнение деталей 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, некасающимися 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. 35 приведена конструкция комбинированного инструмента, внедренного на многих предприятиях, для чистого растачивания и раскатывания стальных гидроцилиндров диаметром 50H9 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

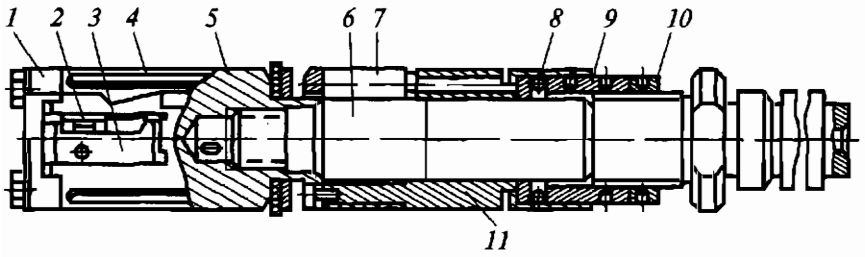


Рис. 35. Комбинированный инструмент для растачивания и раскатывания стальных гидроцилиндров:

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

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 $HRC_э$ 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 твердость поверхностного слоя (до $HRC_э$ 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 °С) 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 °С в масляных ваннах. При закалке ТВЧ чугунных на-

правляющих металлорежущих станков твердость поверхности составляет $HRC_э$ 45...53, глубина закалки 3...4 мм.

5.8. Восстановление деталей пластмассовыми композициями

Акрилат АСТ-Т, бутакрил, эпоксидно-акриловая пластмасса СХЭ-2 и некоторые другие пластмассовые композиции — это термопластические 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. 13).

Таблица 13

Характеристики пластмассовых композиций

Характеристика	Акрилат АСТ-Т	Бутакрил	Пластмасса СХЭ-2
Адгезия, кг/см²:			
к стали	165...215	110...200	225...429
к чугуну	150...193	100...180	194...243
к латуни	68...108	55...100	127...169

Окончание табл. 13

Характеристика	Акрилат АСТ-Т	Бутакрил	Пластмасса СХЭ-2
Маслопоглощение 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, °С	80	80	112
Время отвердения смеси порошка и жидкости при температуре 20...25 °С, 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) обезжиривание 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 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 бутакрила 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 каждая). 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 пони-

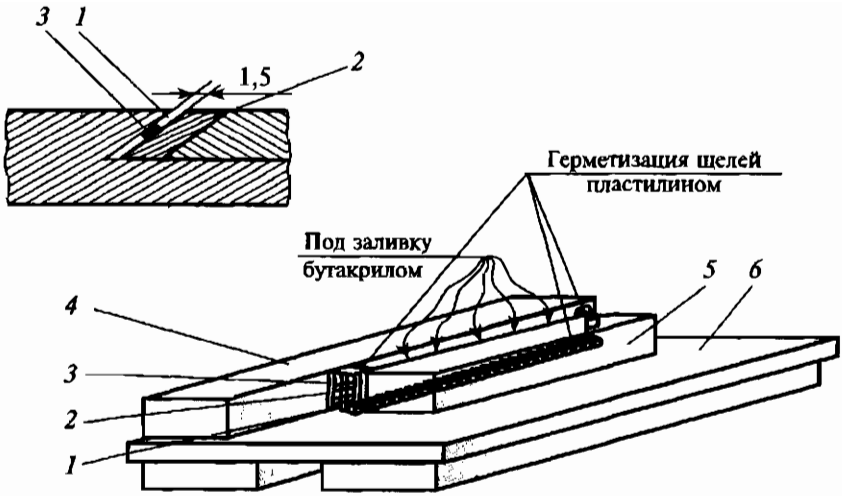


Рис. 36. Схема восстановления клина бутакрилом:
1 и *2* — поверхности клина; *3* — концевые меры длины; *4* и *5* — бруски; *6* — плита станка

женных 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. 36), сокращается примерно на 35...40 % по сравнению с трудоемкостью изготовления их заново.

Восстановление прижимных планок. При эксплуатации оборудования изнашиваются трущиеся поверхности планок и направляющих, образуется повышенный зазор, который при ремонте устраняют 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. 37, *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.

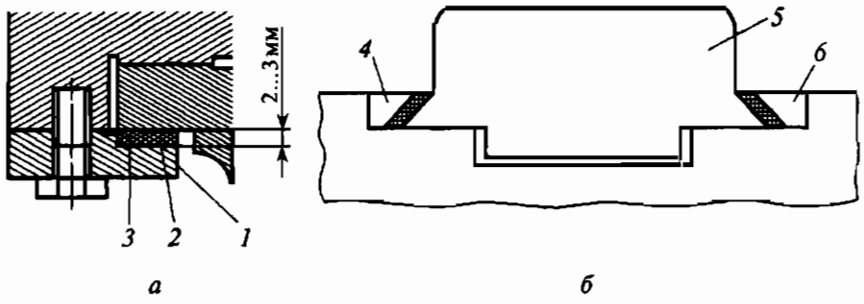


Рис. 37. Схемы восстановления бутакрилом прижимных планок:

а — общая; *б* — ползунов прессов; *1, 4* и *6* — прижимные планки; *2* — обезжиренная поверхность; *3* — наращиваемый слой бутакрила; *5* — ползун пресса

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. 37, *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.

Меры безопасности при работе с пластмассовыми композициями. Быстротвердеющие 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 Селипского. Хранение и прием пищи, а также курение в рабочих помещениях запрещается.

5.9. Восстановление деталей и ремонт оборудования клеевым методом

Клеевой метод широко применяют при ремонте оборудования 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, а также тонкостенных втулок в конусные отверстия шпинделей и 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. Склеенные детали можно обрабатывать на металлорежущих 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. 14.

Таблица 14

Свойства и назначение синтетических клеев

Марка	Прочность на сдвиг при 20 °С, МПа	Назначение
Фенольные клеи		
БФ-2, БФ-4	30	Для склеивания металлов, текстолитов, аминопластов, стекла, древесины, фибры, фарфора, кожи; вибростоек
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-10М	20	Для склеивания металлов, стеклотекстолитов и текстолитов
КР-4, КБ-3	—	Для склеивания пластмасс, древесины, текстильных материалов
Эпоксидные клеи		
ЭД-6	—	Для склеивания металлов, винипласта, 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 контровки резьбовых соединений, склеивания металлов между собой и со стеклопластиками в узлах несилового назначения
Полиамидные клеи		
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
Полиуретановые клеи		
ПУ-2	14	Для склеивания сталей, алюминиевых сплавов между собой и с неметаллическими материалами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стойкий в различных климатических условиях

Продолжение табл. 14

Марка	Прочность на сдвиг при 20 °С, МПа	Назначение
Перхлорвиниловые клеи		
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
Глифталевые клеи		
АМ	—	Для склеивания стекла, приклеивания теплоизоляции к металлам
ИП-9	—	Для склеивания силиконовой резины с металлами
Металлические клеи		
Мекладин	—	Для склеивания металлов, керамики, органических полимеров и пр.; электропроводен, выдерживает нагрев до 800 °С
Фосфатные клеи		
Алюмофосфатный клей	—	Для склеивания стекла, металлов (никеля, молибдена, вольфрама, титана, тантала), ситалла, керамики, работающих при температуре от —60 до +1400 °С
Эпоксидно-фурфурольно-ацетатные клеи		
БОВ-1	—	Для склеивания металлов и пластмасс; химически стойкие, теплостойкие
БОВ-2		
БОВ-3		

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

1) подготовка поверхностей под склеивание, т.е. обработка их на металлорежущем станке, зачистка и обезжиривание;

2) подготовка клея;

3) нанесение клея на склеиваемые поверхности;

4) совмещение склеиваемых поверхностей;

5) удаление излишков клея с деталей;

6) выдержка соединенных деталей в соответствии с выбранным режимом (температура, длительность и т.д.);

7) контроль качества клеевого 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 клеем будет хорошим.

Если нужно получить менее прочное соединение (например, в случае посадки втулок, которые при последующем ремонте выпрессовывают, или при установке в изношенное гнездо корпуса подшипников качения, которые также в дальнейшем разбирают), посадочные поверхности в корпусных деталях подготавливают 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. Склеиваемые 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 клеем соединяемые тонкие детали рекомендуется прижать друг к другу под давлением до 5 МПа (50 кгс/см^2).

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

Восстановление столов накладками и вставками. При ремонте столов фрезерных, строгальных, шлифовальных, расточных и других станков, а также прессов возникает необходимость устранения (на рабочих поверхностях) забоин, зарезов и изломов Т-образных пазов.

Эти дефекты устраняют с помощью накладок и вставок, приклеенных эпоксидным клеем. Для этого место, где имеется зарез или забоина, фрезеруют или строгают так, чтобы в образовавшийся паз можно было посадить накладку *9* (рис. 38), форма и размер которой зависит от места, формы и размера повреждения. Глубина паза определяется глубиной повреждения, но должна быть не менее 2 мм, а если повреждение оказалось на краю Т-образного паза, то глубина паза может быть не менее 1,5 мм и более 10 % высоты его стенки *6*.

При изломах и износах Т-образных пазов их фрезеруют или строгают, образуя паз по форме «ласточкин хвост», и в него помещают смазанную клеем вставку *7* с выполненным по ГОСТу пазом.

Если на поверхности стола имеются большие повреждения, то нерационально устанавливать накладки и вставки. В этом случае целесообразно строгать или фрезеровать всю поверхность стола, снимая слой металла на 5...7 мм больше глубины Т-образных пазов, и устанавливать новые накладки — плиты *8*.

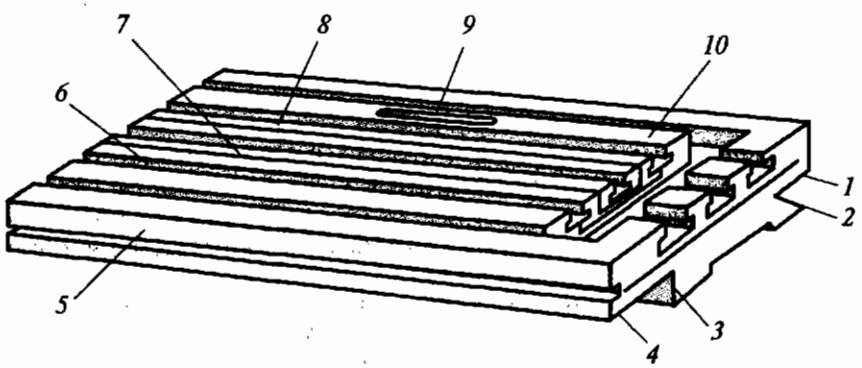


Рис. 38. Схема устранения повреждений на поверхности стола накладками и вставками:

1, 2, 3 и *4* — направляющие; *5* — поверхность; *6* — стенка; *7* — вставка; *8* и *10* — плиты; *9* — накладка

Накладки и вставки (компенсаторы) изготовляют из того же материала, что и ремонтируемый стол, в соответствии с размерами снятого слоя металла, с припуском 1...2 мм по высоте на последующую обработку. Пригонку этих деталей-компенсаторов ведут в пределах 4...5-го классов точности, параметр шероховатости *Rz* 10...40 мкм.

Сопрягаемые поверхности компенсаторов и стола тщательно обезжиривают и наносят на них тонкий равномерный слой клея.

Затем устанавливают накладку *9* и прижимают грузом. Масса груза не лимитируется. Груз располагают так, чтобы исключить деформацию тонких накладок. Установленные на столы накладки (плиты *8* и *10*) в целях предотвращения сдвигов при затвердевании клея дополнительно скрепляют четырьмя штифтами (на рис. 38 не показаны), располагая их на концах. Если длина накладок больше 1 м, то в средней части дополнительно ставят два винта.

При установке вставки щели на торцах герметизируют пластилином для предупреждения вытекания клея в начальной стадии затвердевания.

После затвердевания клея (через 24 ч) производят окончательную обработку поверхностей и пазов направляющих *1*, *2*, *3*, *4* и поверхности *5*.

Контрольные вопросы

1. Какова экономическая целесообразность восстановления деталей?
2. Расскажите о восстановлении деталей механической обработкой.
3. В чем сущность восстановления деталей сваркой и наплавкой?
4. Какие меры безопасности при сварке и наплавке следует предпринимать?
5. В чем сущность процесса металлизации?
6. В чем сущность восстановления деталей электролитическим способом?
7. Каковы основные процессы термической обработки?
8. Расскажите о пластмассовых композициях, применяемых при ремонте оборудования.
9. Расскажите о технологическом процессе восстановления деталей пластмассами.
10. Какими эксплуатационными свойствами обладает бутакрил?
11. Назовите клеи, применяемые при ремонте деталей.
12. Расскажите о технологическом процессе склеивания эпоксидным клеем.
13. Как восстанавливают столы станков вставками и накладками?
11. Расскажите о мерах безопасности при работе с пластмассовыми композициями и клеями.

Глава 6

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

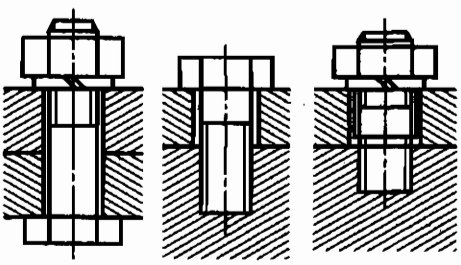
Применяемые в машиностроении соединения деталей и механизмов делятся на две основные группы: разъемные и неразъемные.

К разъемным соединениям относятся резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые и другие соединения, которые можно разбирать и собирать вновь без повреждения и разрушения.

Неразъемные соединения получают сваркой, прессовкой, склеиванием, пайкой, клепкой; при этом разборка сборочной единицы возможна лишь при разрушении крепления или самих деталей.

6.1. Ремонт резьбовых соединений

Основными видами резьбовых являются соединения болтами, винтами и шпильками. В болтовом соединении для скрепления соединяемых деталей используют болт и гайку (рис. 39, *а*). Винтовое соединение отличается от болтового тем, что винт ввертывают в резьбовое отверстие детали (рис. 39, *б*), а гайка отсутствует. Соединение шпильками (рис. 39, *в*) применяют в условиях частой разборки соединяемых деталей или при невозможности из-за конструктивных особенностей использовать крепление другого вида.



а *б* *в*

Рис. 39. Основные виды резьбовых соединений:

а — болтовое; *б* — винтовое; *в* — с помощью шпильки

В резьбовых соединениях, особенно воспринимающих во время работы большие или знакопеременные нагрузки, повышенные износы и повреждения возникают из-за недостаточной затяжки

винтов и гаек. При совместном воздействии различных нагрузок болты и винты растягиваются, шаг резьбы и ее профиль нарушаются, гайки начинают «заедать», следствием чего являются поломки деталей соединений. Более интенсивно изнашиваются детали часто разбираемых и регулируемых соединений (износу подвергаются резьбы, грани головок болтов и гаек). Резьба разрушается также от чрезмерной затяжки гайки или винта.

Детали резьбовых соединений должны отвечать следующим требованиям:

прямолинейность оси стержня болта, винта, шпильки;

перпендикулярность опорных поверхностей гайки и головки болта к оси резьбы;

наличие резьбы полного и неискаженного профиля;

отсутствие сорванных витков, забоин, вмятин и трещин на резьбе;

наличие фаски на концах резьбовых деталей;

отсутствие смятия граней гаек, головок болтов и винтов, а также отверстий и шлицов для ключей и отверток;

высота выступающего из гайки конца болта или шпильки не должна превышать трех витков;

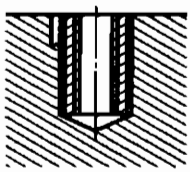
в групповом резьбовом соединении все гайки, болты или винты должны иметь одинаковый размер под ключ.

В табл. 15 приведены возможные дефекты резьбовых соединений и способы ремонта последних. Ремонту подвергают резьбы, нарезанные в корпусах, на валах, а также крупные резьбовые детали. Мелкие крепежные детали при выходе из строя заменяют новыми.

Таблица 15

Возможные дефекты и способы ремонта резьбовых соединений

Дефект	Способы ремонта
Непрямолинейность оси стержня болта, винта, шпильки	Правка в тисках или с помощью винтового пресса
Забоины, вмятины на резьбе	«Прогонка» резьбы резьбовыми инструментами
Трещины в резьбовой части детали	Заварка трещины с последующим повторным нарезанием резьбы
Смятие граней, шлицов, отверстий для ключей и отверток	1. Запиливание 2. Наплавка с последующей обработкой

Дефект	Способы ремонта
Заедание гайки по причине увеличения шага резьбы винта вследствие его растяжения	Замена болта или ремонт вышеуказанными способами
Выход из строя наружной резьбы вследствие износа, среза, смятия и изгиба витков	1. Протачивание резьбы до ближайшего меньшего стандартного диаметра и последующее нарезание резьбы меньшего размера. 2. При невозможности (из условий прочности) уменьшения размера резьбы ее восстанавливают наплавкой, металлизацией или другими способами
Выход из строя внутренней резьбы вследствие износа: среза, смятия и изгиба витков	1. Рассверливание отверстия до ближайшего большего стандартного диаметра и последующее нарезание резьбы большего размера. 2. Рассверливание отверстия для установки в него на резьбе или клее переходной втулки с внутренним диаметром резьбы нужного размера 

Размер отверстия для нарезания внутренней метрической резьбы может быть определен по формуле

$$d_{отв} = d - P,$$

где d — наружный (номинальный) диаметр резьбы, мм; P — шаг резьбы, мм.

Сборку резьбовых соединений производят в следующем порядке: пригоняют соединяемые детали; совмещают их с установкой при необходимости между ними прокладки (причем бумажные, картонные или тканевые прокладки предварительно пропитывают тавотом или смазывают суриком); в отверстие вводят болт (при соединении без зазора запрессовывают) или в корпус завертывают

шпильку и на нее надевают другую деталь; ставят шайбу и навертывают гайку; регулируют положение соединяемых деталей и предварительно затягивают гайки (для этих целей могут быть использованы монтажные болты или струбцины); ставят контрольные штифты; окончательно затягивают гайки (для группы болтов затяжку осуществляют крест-накрест, начиная со средних болтов).

В целях предохранения от самопроизвольного отвинчивания крепежные детали стопорят одним из способов, изображенных на рис. 40.

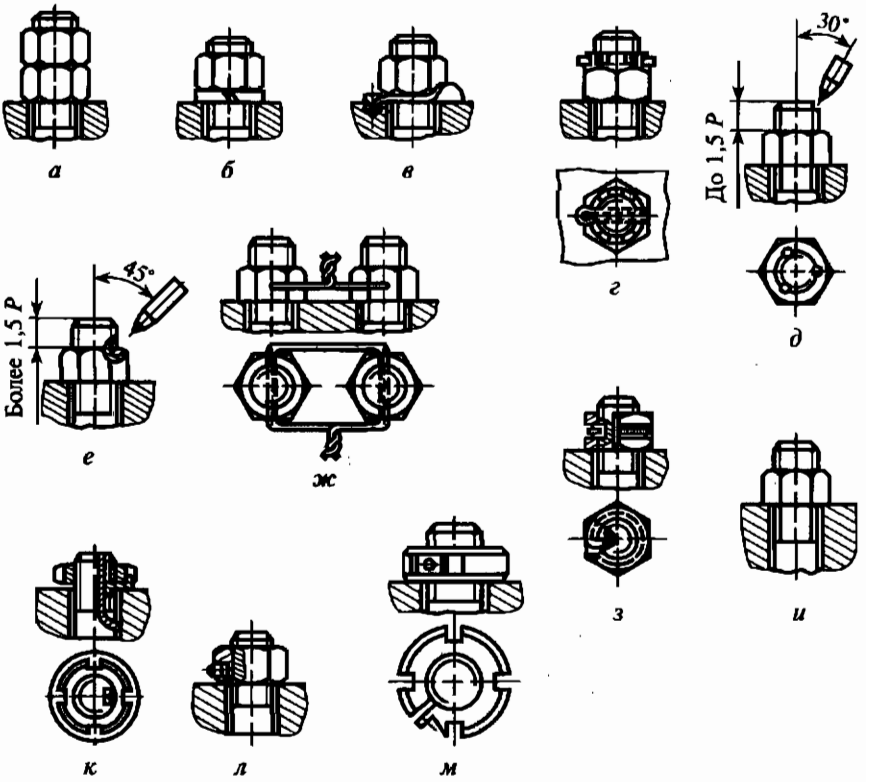


Рис. 40. Способы стопорения крепежных деталей:

а — контргайкой; *б* — пружинной шайбой; *в* — стопорной шайбой с лапкой; *г* — шплинтом разводным; *д* — кернением торца резьбового стержня; *е* — боковым кернением резьбовых деталей; *ж* — вязкой мягкой проволокой; *з* — засверливанием гайки и резьбового стержня и установкой пружинного кольца с выступающим внутрь концом; *и* — приваркой головки резьбового стержня к гайке; *к* — стопорной многолапчатой шайбой; *л* — стопорным винтом с мягкой прокладкой; *м* — разрезной гайкой, стягиваемой винтом

6.2. Ремонт штифтовых соединений

Штифты предназначены для точного взаимного фиксирования деталей и передачи небольших нагрузок. Применяются также специальные срезные штифты, служащие предохранительными элементами.

По форме различают шрифты цилиндрические гладкие (рис. 41, *а*), цилиндрические и конические с насеченными канавками (рис. 41, *б*, *в*), конические гладкие (рис. 41, *г*).

Гладкие цилиндрические штифты изготавливаются незакаленными диаметром от 0,6 до 50 мм (ГОСТ 3128—70) и закаленными диаметром от 0,6 до 20 мм (ГОСТ 24269—80). Насеченные цилиндрические штифты изготавливаются диаметром от 1,0 до 16 мм (ГОСТ 12850—80). Штифты с насечками не требуют развертки отверстий и обеспечивают повышенную устойчивость против выпадания без дополнительных средств закрепления.

Конические штифты изготавливаются с конусностью 1:50, обеспечивающей надежное самоторможение и центрирование деталей. Они бывают следующих типов: гладкие диаметром от 0,6 до

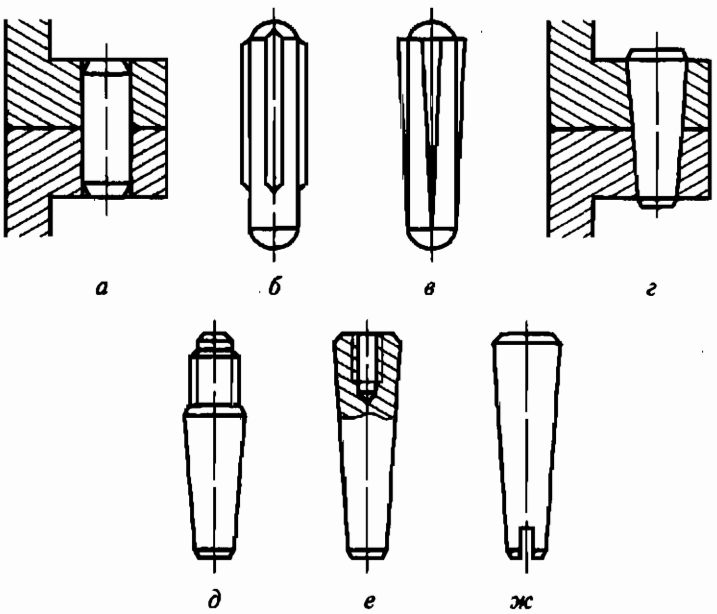


Рис. 41. Штифты:

а — цилиндрический гладкий; *б* и *в* — соответственно цилиндрический и конический; *в* — с насеченными канавками; *г* — гладкий; *д* — с резьбовой цапфой; *е* — с внутренней резьбой; *ж* — разводной

50 мм (ГОСТ 3129—70); с резьбовой цапфой (рис. 41, *д*) диаметром от 4 до 12 мм (СТ СЭВ 282—76); с внутренней резьбой (рис. 41, *е*) диаметром от 6 до 60 мм (ГОСТ 9464—79), обеспечивающей легкую разборку соединения; разводные (рис. 41, *ж*) диаметром от 5 до 16 мм (ГОСТ 19119—80).

Примеры условных обозначений. Цилиндрический штифт диаметром 10*h*11 и длиной 60 мм: Штифт 10*h*11×60 ГОСТ 3128—70; конический штифт диаметром 10 и длиной 60 мм: Штифт 10×60 ГОСТ 3129—70.

Дефекты штифтовых соединений и способы их ремонта приведены в табл. 16.

Таблица 16

Возможные дефекты и способы ремонта штифтовых соединений

Дефект	Способ ремонта
Срез или смятие штифтов	Замена новыми
Износ отверстия под штифт	Отверстие расширяют под новый штифт или заваривают и изготавливают другое отверстие
Трещины в соединяемых деталях	Трещины заваривают или заделывают пластмассовыми композициями

6.3. Ремонт шпоночных и шлицевых соединений

Шпоночное соединение. Шпоночное соединение служит для передачи вращения валу от насаженной на него детали (шкива, зубчатого колеса, втулки). Соединительной деталью является шпонка. Шпоночные соединения делят на две группы: ненапряженные (призматические и сегментные) и напряженные (клиновые и тангенциальные).

Призматические шпоночные соединения бывают обыкновенные — для передачи вращающего момента, а также направляющие и скользящие, служащие, кроме того, для направления при осевом перемещении. Направляющие шпонки крепятся на валу (ГОСТ 8790—79) для устранения повышенного трения и износа, связанного с перекосом шпонок (рис. 42, *а*). Скользящие шпонки (ГОСТ 12208—66) перемещаются вместе со ступицами вдоль вала и имеют цилиндрические выступы, которые входят в соответствующие отверстия в ступицах (рис. 42, *б*). Сегментные шпонки (ГОСТ 24071—80) применяются при необходимости частого демонтажа сборочной единицы (рис. 42, *в*). Клиновые шпонки

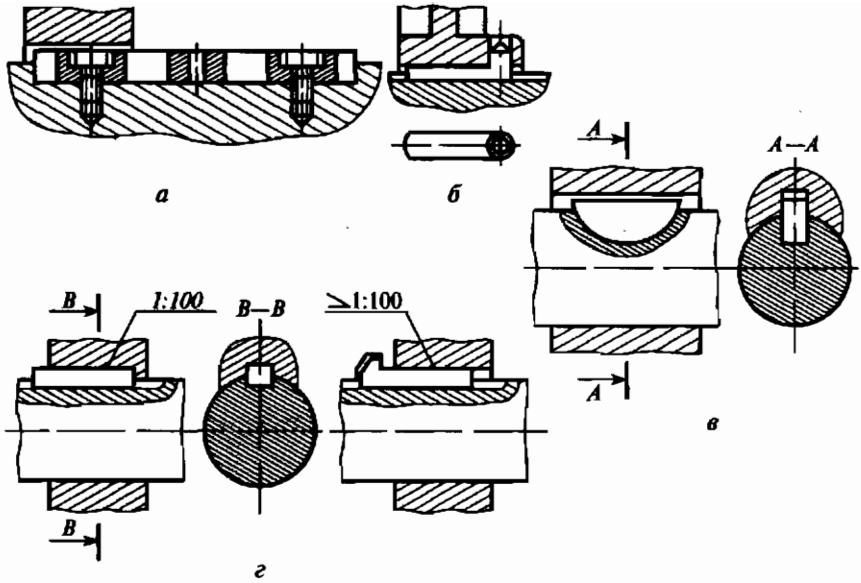


Рис. 42. Виды шпоночных соединений с помощью направляющих (*а*), скользящих (*б*), сегментных (*в*) и клиновых (*г*) шпонок

(ГОСТ 24068—80) способны передавать не только крутящий момент, но и осевое усилие (рис. 42, *г*). Однако из-за возникающих при эксплуатации перекосов они применяются для тихоходных, неответственных деталей. Тангенциальные шпонки (ГОСТ 24069—80) используются при больших динамических нагрузках.

Материал шпонок — углеродистая или легированная сталь с модулем упругости σ не ниже 500 МПа.

Дефекты шпоночных соединений и способы их ремонта приведены в табл. 17.

Таблица 17

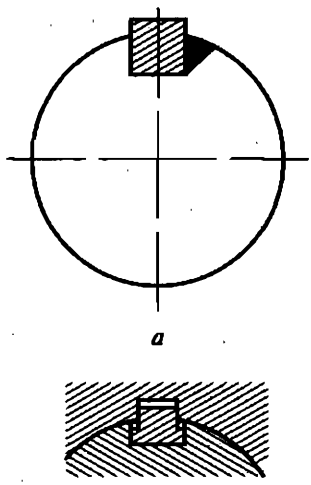
Основные дефекты шпоночных соединений и способы их ремонта

Дефект	Способы ремонта
Смятие или срез шпонки	Замена шпонки. Новая шпонка должна иметь припуск 0,1 ... 0,2 мм для последующей пригонки по пазу вала
Износ, смятие шпоночного паза вала	1. Обработка паза под шпонку до следующего стандартного размера. При этом устанавливается либо ступенчатая

Дефект	Способы ремонта
	шпонка, либо обычная шпонка с расширением паза ступицы. 2. Изготовление нового шпоночного паза под углом 90...120° к старому; изношенный паз заваривается. 3. Наплавка изношенного паза с последующей обработкой (для неответственных соединений)
Износ шпоночного паза в ступице	Обработка шпоночного паза под следующий стандартный размер на долбежном станке или вручную. В последнем случае сначала опиливается дно паза, а затем боковые стороны с обеспечением симметричности относительно диаметральной плоскости

Способы восстановления шпоночных пазов различны (рис. 43). При большем износе шпоночный паз ремонтируют наваркой грани (рис. 43, *а*) с последующим фрезерованием. При этом выдерживают размер паза, установленный стандартом. Возможен и такой вид ремонта: паз расширяют и углубляют, полностью устраняя следы износа, а затем к нему изготовляют ступенчатую шпонку (рис. 43, *б*). Однако этот способ не обеспечивает высокого качества соединения, и поэтому его применяют в исключительных случаях (осмотры и текущий ремонт). Когда на чертеже нет указаний о фиксированном положении шпоночного паза, допускают изготовление его заново на другом месте без заделки старого паза (не более одного на сечение). Новый паз фрезеруют параллельно бывшему пазу в диаметральной плоскости, расположенной относительно последнего под углом 90, 135 или 180°.

При ремонте шпоночных соединений изношенные шпонки не ремонтируют, а изготовляют новые, подгонкой добиваясь их плотного сопряжения с боковыми поверхностями пазов соединяемых деталей. Исключение составляют клиновые шпонки: их загоняют в паз ударом молотка так, чтобы они заклинились по высоте. Клиновую шпонку следует, кроме того, забивать таким



а

б

Рис. 43. Ремонт шпоночных пазов наваркой грани (*а*) и установкой ступенчатой шпонки (*б*)

образом, чтобы при ослаблении ее можно было осаживать. Между головкой шпонки и торцом детали должно оставаться расстояние, равное высоте шпонки.

Призматические шпонки при ремонте можно вынимать из пазов без повреждения, выполняя в средней части шпонки резьбовое отверстие и ввертывая в него винт. Когда он своим концом упрется в вал, его продолжают вращать, и шпонка при этом выходит из паза (рис. 44, *а*). При подгонке и сборке призматических шпонок в процессе ремонта рекомендуется выполнить специальный скос (рис. 44, *б*), а с обратной стороны сделать соответствующую пометку. Это позволит вынуть шпонку из паза с помощью молотка с выколоткой: выколотку упирают в помеченный конец шпонки со стороны скоса (показано стрелкой) и слегка ударяют по ней молотком. С этой стороны конец шпонки прижимают к основанию паза, а с противоположной приподнимают.

Шлицевые соединения. Шлицевые соединения обеспечивают хорошее центрирование деталей на валу и передачу больших крутящих моментов. Это объясняется тем, что в шлицовом соединении вал меньше ослабляется шлицами, чем гнездами под шпонки в шпоночном соединении, так как впадины выполняют неглубокими. Они могут быть подвижными и неподвижными. По форме профиля шлицов различают следующие соединения: прямобочные (рис. 45, *а*, *б*) по ГОСТ 1139—80, эвольвентные с углом профиля 30° (рис. 46, *а*) по ГОСТ 6033—80 и треугольные (рис. 46, *б*) с углом профиля 60, 72 и 90°.

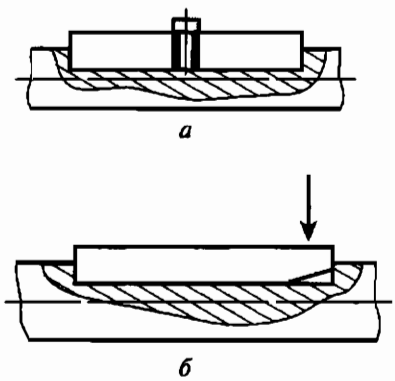


Рис. 44. Способы удаления призматических шпонок из пазов при ремонте шпоночного соединения:

а — с применением винта; *б* — с помощью специального скоса

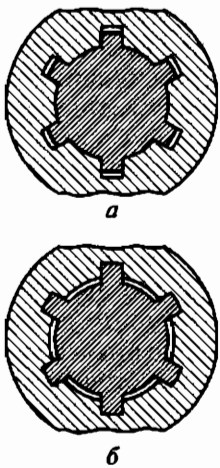


Рис. 45. Прямобочные шлицевые соединения, центрируемые по внутреннему (*а*) и наружному (*б*) диаметрам

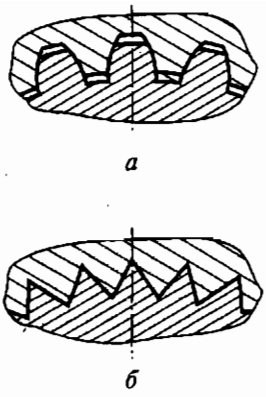


Рис. 46. Виды шлицевых соединений:
а — эвольвентные;
б — треугольные

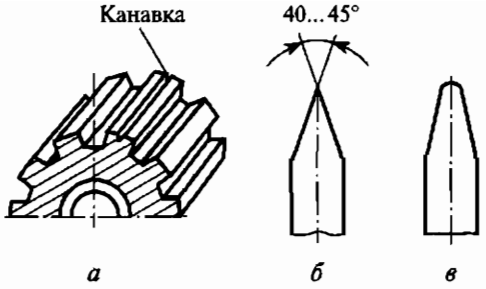


Рис. 47. Схема ремонта шлицов:
а — нанесение канавок; *б* — зубило; *в* — чекан

Шлицы вала можно ремонтировать с помощью раздачи зубьев, когда шлицевое соединение центрируется по внутреннему диаметру. Если шлицы закалены, необходимо вал сначала отжечь, а после этого раздать каждый шлиц в продольном направлении, доведя его ширину до номинального размера с припуском 0,1...0,2 мм для последующей механической обработки. Раздачу выполняют вручную или на прессах специальными инструментами — зубилами и чеканами. Для этого вдоль шлицов наносят по одной продольной риске, затем вдоль рисок вырубают канавки (рис. 47, *а*) специальным зубилом (рис. 47, *б*); выполненные канавки раздают чеканом (рис. 47, *в*).

Раздачу шлицов можно производить используя токарные или строгальные станки. Для этого оправку с вращающимся коническим роликом закрепляют в резцедержателе станка, а вал или устанавливают в центрах токарного станка, или закрепляют на столе строгального. Суппортом станка подводят ролик, вдавливают в тело зуба и осуществляют несколько рабочих ходов по одной канавке. После раздачи канавки на шлицах заваривают с помощью электросварки, вал дополнительно отжигают, рихтуют, а шлицы обрабатывают под номинальный размер и подвергают термообработке.

Шлицы в отверстиях (посадка по наружному диаметру) и с небольшим износом можно также ремонтировать раздачей. Для этого применяют специальную прошивку, которую продавливают через шлицевое отверстие с помощью гидравлического пресса. После раздачи зубьев шлицевое отверстие калибруют шлицевой протяжкой, удаляя при этом выдавленный металл и придавая детали требуемый размер.

Дефекты шлицевых соединений и способы их ремонта приведены в табл. 18.

Таблица 18

Основные дефекты шлицевых соединений и способы их ремонта

Дефекты	Способы ремонта
Износ и смятие шлицов на валах	При больших износах производят электродуговую наплавку с последующей механической обработкой. При износе по ширине паза до 0,5...1 м разделяют шлицы отожженого вала зубилом с последующей заваркой образующейся канавки и механической обработкой. При небольших износах (0,1...0,2 мм) шлицы восстанавливают наращиванием с последующим шлифованием
Забоины, заусенцы, острые края	Забоины, заусенцы, острые края запиливают, на торцах вала и втулки снимают фаски
Износ шлицов во втулке	Отверстие во втулке по внутреннему диаметру продавливается на прессе прошивкой, а затем калибруется шлицевой протяжкой

6.4. Ремонт сварных соединений

Ремонт сварных соединений включает в себя операции по выявлению дефектов, подготовку дефектных мест под заварку и сам процесс сварки. Способы определения дефектов см. в табл. 9. Подлежащие восстановлению детали подвергают определенной подготовке. Замасленные детали «вываривают» в горячем растворе каустической соды, затем промывают теплой водой. Поверхности деталей обрабатывают также органическими растворителями (керосином и др.), очищают пескоструйным методом, зачищают напильником, а затем тщательно осматривают.

При наличии трещин детали подготавливают к заварке следующим образом. После очистки поверхности у концов трещины сверлят отверстия диаметром 3...3,5 мм, чтобы трещина не распространялась дальше (рис. 48, *а*). По всей длине трещины прорубают вручную или выполняют на станке фаску (рис. 48, *б*). Если толщина детали превышает 12 мм, фаску снимают с обеих сторон (рис. 48, *в*). Иногда для большей прочности сварного шва вдоль трещины устанавливают несколько шпилек (рис. 48, *г*). Заваривают трещину с помощью дуговой или газовой сварки.

Мелкие трещины на неответственных местах устраняют короткими поперечными сварными швами, которые, охлаждаясь, стягивают трещину. Трещины на деталях из алюминиевых сплавов разде-

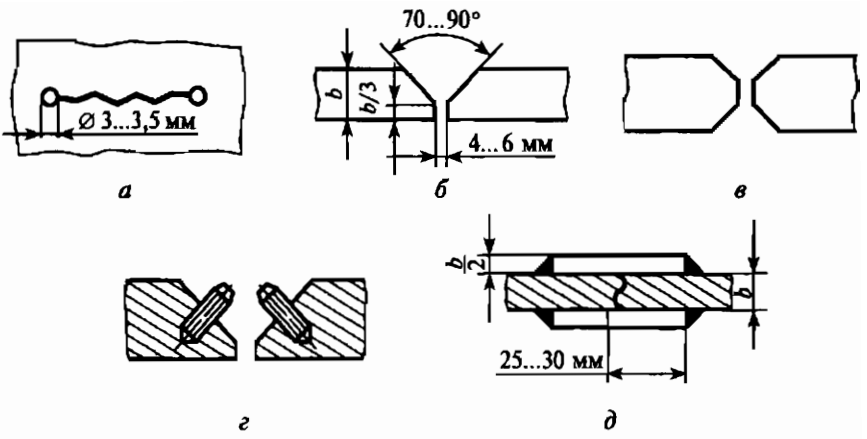


Рис. 48. Схема подготовки деталей к заварке трещин:

а — сверление отверстий; *б* и *в* — образование фаски; *г* — установка шпилек; *д* — подготовка к приварке накладок; *b* — толщина детали, мм

лывают до получения канавки глубиной и толщиной до 3 мм (трещины на деталях толщиной до 10 мм не разделывают).

При ремонте деталей приваркой накладок поверхность вокруг трещины зачищают. Между краями накладок и трещиной должно быть 25...30 мм (рис. 48, *д*).

6.5. Ремонт трубопроводов

Трубопроводы являются каналами, по которым энергия от насосов компрессоров и других устройств поступает к исполнительным гидро- и пневмодвигателям. Разрушение трубопровода неизбежно приводит к выходу из строя пневмо- и гидросистем или их частей. Современное промышленное оборудование оснащено трубопроводами для подачи жидкости, воздуха, пара; ими соединяют агрегаты пневмо- и гидросистем, обычно расположенные на некотором (иногда значительном) расстоянии друг от друга. В зависимости от условий эксплуатации, т. е. взаимного состояния (стационарного или подвижного) соединяемых агрегатов, трубопроводы разделяются на жесткие и гибкие.

Жесткие трубопроводы изготавливают из металла — чугуна, стали, меди или алюминия, а гибкие — из резины или прорезиненных тканей, они могут быть с металлическими оплетками. В станочных приводах применяют стальные бесшовные и медные трубы, а также рукава (шланги) высокого давления. Для трубопроводов, работающих в агрессивных средах, применяют трубы из синтетических материалов и специальных сталей. Основ-

ной характеристикой трубопровода является его условный проход (номинальный внутренний диаметр), который определяется требуемой пропускной способностью (л/мин).

При монтаже жестких трубопроводов часто приходится производить гибку труб. При гибке горячим способом в качестве наполнителя применяют песок (рис. 49, *а*). Изгибаемый участок трубы нагревают в горне или другом нагревательном устройстве до вишнево-красного цвета, а места, не подлежащие изгибу, смачивают водой. При достаточном нагреве песка от трубы начинает отлетать окалина. Гибку производят плавно, без рывков и с одного нагрева. После остывания трубы из нее высыпают песок, а приставшие к стенкам песчинки удаляют, обстукивая трубу молотком и затем продувая ее сжатым воздухом.

Для ручной гибки труб диаметром до 30 мм без наполнителя применяют специальное приспособление со сменными роликами (рис. 49, *б*), которое крепят в тисках. Чтобы изогнуть трубу, нуж-

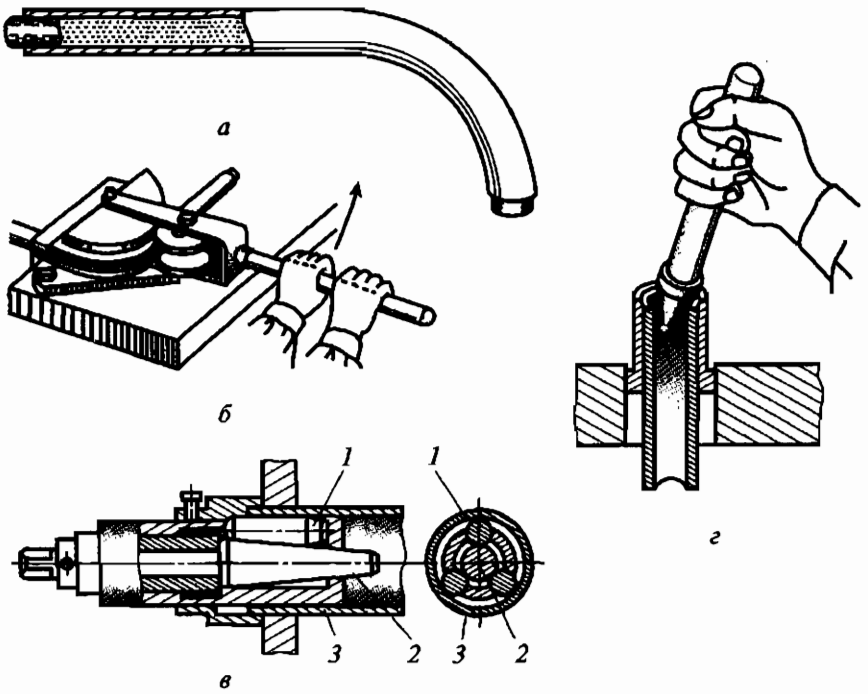


Рис. 49. Гибка и развальцовка труб:

а — труба с песком и пробками; *б* — приспособление со сменными роликами; *в* — приспособление для развальцовки: *1* — ролики; *2* — регулирующий конус; *3* — вальцуемая труба; *г* — оправка для развальцовки

но откинуть рычаг, установить его под углом 90° к продольной оси основания, вставить трубу в канавку между роликами, закрепить ее крючком и прижимом, а затем плавным движением рычага произвести гибку. Ролики являются сменными — из набора, рассчитанного на разные диаметры труб и радиусы кривизны.

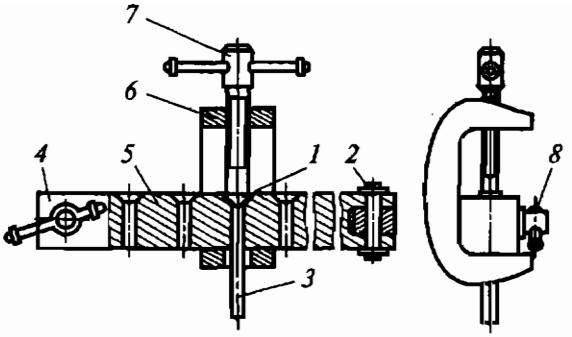


Рис. 50. Приспособление для развальцовки концов медных труб:

1 — коническая поверхность; *2* — ось; *3* — трубка; *4* и *5* — планки; *6* — струбцина; *7* и *8* — винты

Трубы из медных и алюминиевых сплавов подвергают рекристаллизационной термической обработке. Их нагревают до определенной температуры и быстро охлаждают в воде — это придает трубам повышенную пластичность. Гибку и вальцовку труб выполняют по шаблонам сразу после термообработки. Такие трубы легко монтируются на станке, однако, теряя пластичность с течением времени, они могут лопаться при вибрационных нагрузках в результате усталости металла, поэтому применение присоединений медных труб развальцовкой ограничивается системами низкого давления (до 2,5 МПа).

Развальцовку концов медных труб осуществляют с помощью переносного приспособления (рис. 49, *в*) или приспособления (рис. 50), состоящего из планок *4* и *5*, соединенных шарнирно осью *2* и струбциной *6* с винтом *7*. Трубку *3* помещают в соответствующее ее диаметру отверстие планок и закрепляют винтом *8*. Затем смазывают маслом формующую коническую поверхность *1* винта *7* и осуществляют развальцовку медленным завинчиванием винта до образования на конце трубки конусности.

Соединения труб и шлангов в гидроприводах выполняют разными способами. Соединение, показанное на рис. 51, *а*, состоит из штуцера *1*, накидной гайки *2*, насадки *3* и развальцованной трубки *4*. Уплотнение этого соединения обеспечивается гайкой *2*. До закрепления соединения необходимо смазать поверхность контакта насадки с гайкой *2* и только после этого завинтить гайку. В противном случае при закреплении может произойти «схватывание» гайки с насадкой и скручивание медной трубки, которую необходимо будет заменять. Герметичность соединения штуцера *1* с корпусом гидроустройства обеспечивается за счет возникающей при затяжке деформации конической резьбы Бриггса. Для повы-

шения герметичности резьбового соединения рекомендуется использовать уплотнительную ленту ФУМ (фиорлоновый уплотнительный материал) шириной 10 мм и толщиной 80 мкм.

В соединении трубопровода по внутреннему конусу (рис. 51, *б*) ниппель *7* приварен к трубе *8*, а уплотнение достигается подвинчиванием гайки *6* на штуцере *5*. Герметичность соединения между корпусом и конической резьбой штуцера достигается плотным ввинчиванием последнего в корпус. Однако более надежная герметичность достигается, когда на конусную резьбу штуцера наматывают один-два слоя ленты ФУМ, а затем штуцер плотно ввинчивают в корпусную деталь. При давлении в трубопроводе 20 МПа в соединениях стальных труб используют ниппели *7* с шаровой поверхностью вместо конической.

Уплотнение в соединении, показанном на рис. 51, *в*, выполняют с помощью обжимного кольца *9* из мягкого металла (им обжимают трубу *10* по наружному диаметру гайкой *11*). Этот способ применяют при уплотнении соединений маслопроводов, служащих для подачи смазки к трущимся поверхностям деталей, а также в некоторых гидросистемах. Он обеспечивает полную герметичность соединений при давлении 5...6 МПа (50...60 кгс/см^2).

Гибкие соединительные трубопроводы (рукава) высокого давления (ГОСТ 10362—76) широко используют в гидравличес-

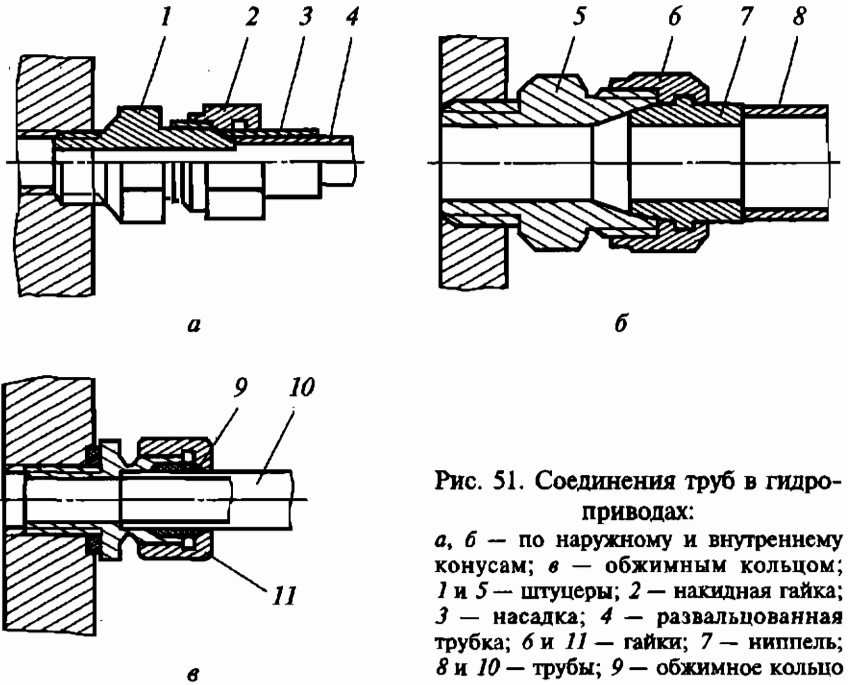


Рис. 51. Соединения труб в гидроприводах:
а, *б* — по наружному и внутреннему конусам; *в* — обжимным кольцом; *1* и *5* — штуцеры; *2* — накидная гайка; *3* — насадка; *4* — развальцованная трубка; *6* и *11* — гайки; *7* — ниппель; *8* и *10* — трубы; *9* — обжимное кольцо

ких системах промышленного оборудования; они выдерживают давление 17,5 МПа и более.

Для соединения маслопроводов в гидросистеме их концы заделывают различными муфтами, которые могут быть неразъемными и разъемными. Неразъемная муфта представляет собой ниппель, накидную гайку и кожух, закрепляемые закаткой на станках, обжимками на прессах и т. п. При утрате герметичности эти муфты не подлежат ремонту; их заменяют новыми, а вместе с ними и трубопроводы.

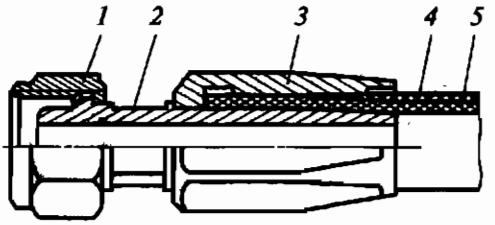


Рис. 52. Конусное разъемное соединение для шлангов высокого давления:

1 — соединительная гайка; *2* — ниппель; *3* — муфта; *4* и *5* — наружный и внутренний слои резины

Разъемная муфта наиболее рациональна, так как используется многократно при замене изношенных шлангов. Конусное разъемное соединение (рис. 52) состоит из муфты *3* и ниппеля *2* с соединительной гайкой *1*.

Муфта закреплена на конце трубопровода, изготовленного из двух слоев резины (внутреннего *5* и наружного *4*) с металлической оплеткой.

Основные дефекты трубопроводов и их соединений приведены в табл. 19.

Таблица 19

Основные дефекты трубопроводов и их соединений

Дефект	Способы ремонта
Трещины в трубах	Заделывают сваркой, пайкой, наложением хомутов, наклейкой накладок
Нарушение герметичности в соединениях трубопроводов с использованием резьбовой аппаратуры	Подтягивают гайки, а если течь продолжается, то притирают сопряженные поверхности
Нарушение плотности во фланцевом соединении	Подтягивают резьбовые крепежные детали, сжимающие прокладку. Если течь продолжается, прокладку заменяют

Контрольные вопросы

1. Какими способами ремонтируют резьбовые соединения?
2. Как восстанавливают неподвижные разъемные соединения?
3. Как ремонтируют шпоночные и шлицевые соединения?
4. Расскажите о способах ремонта трубопровода.
5. Каким способом проверяют качество ремонта трубопровода?
6. Перечислите способы стопорения крепежных деталей.
7. Назовите способы ремонта сварных соединений.
8. Назовите основные дефекты трубопроводов.
9. Назовите дефект и способы ремонта штифтовых соединений.

Глава 7

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ И МЕХАНИЗМОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

7.1. Ремонт валов и шпинделей

Вал — это деталь машины, передающая крутящий момент и поддерживающая вращающиеся детали. *Ось* — вращающаяся или неподвижная деталь машины и механизма, служащая для поддержания вращающихся частей, но не передающая крутящего момента.

Валы бывают прямые (рис. 53, *а*), эксцентриковые (рис. 53, *б*), коленчатые. Особую группу валов составляют *шпиндели* (рис. 53, *в*) — вращающиеся валы станков с устройством для закрепления заготовок (например, у станков токарной группы) или режущего инструмента (например, у сверлильных, фрезерных и других станков).

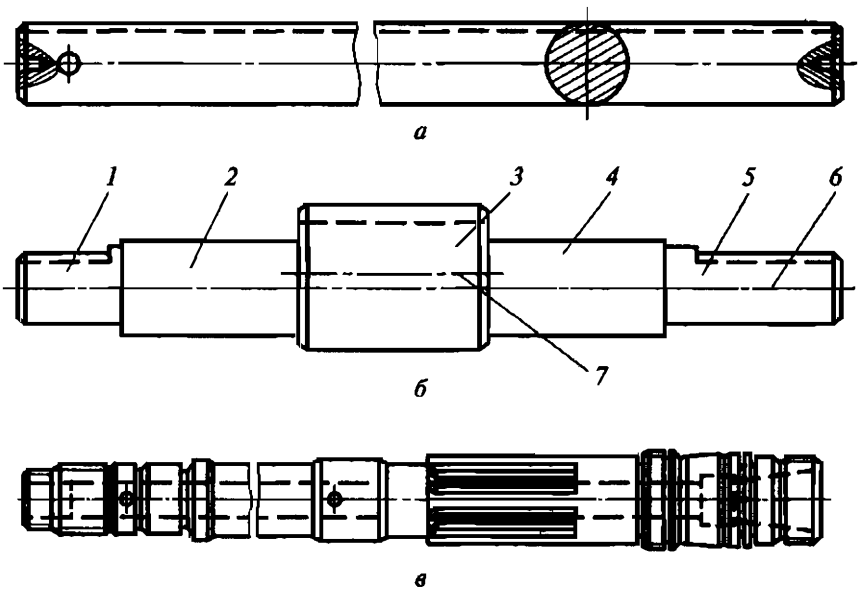


Рис. 53. Прямой (*а*) и эксцентриковый (*б*) валы и шпиндель (*в*):
1, *3* и *5* — посадочные поверхности; *2* и *4* — шейки; *6* и *7* — оси

Валы могут быть гладкими или ступенчатыми. Образование ступеней связано с различной напряженностью посадок отдельных сечений, а также с условиями изготовления и сборки. Длинные валы могут состоять из отдельных частей, соединенных муфтами. При работе валы испытывают изгиб и кручение, а в отдельных случаях — растяжение и сжатие. По типу сечения валы и оси могут быть сплошными и полыми. Полое сечение валов и осей применяют для уменьшения их массы или в целях размещения внутри них других деталей.

Валы широко применяют в механизмах и сборочных единицах машин. Вращающиеся части приводов машин — зубчатые колеса, диски, муфты, шкивы и т. п. — в большинстве случаев устанавливают на валах и осях, которые могут иметь различное положение — горизонтальное, вертикальное или наклонное.

С зубчатых колес, шкивов и других вращающихся деталей крутящие моменты передаются на валы с помощью шпоночных и шлицевых соединений. Сечение шпонок и шпоночных пазов в соединяемых деталях подбирают в зависимости от диаметра вала и характера сопряжения.

Цапфами называются участки вала или оси, лежащие в опорах качения или скольжения. В зависимости от их расположения на валу цапфы делят на шипы, шейки и пяты. Ш и п расположен на конце вала и воспринимает радиальную нагрузку. Ш е й к а, расположенная в средней части вала, также воспринимает радиальную нагрузку, но одновременно подвержена действию крутящего момента. П я т а — торцовая часть вала или оси, воспринимающая только осевые нагрузки.

В процессе эксплуатации у валов и осей изнашиваются посадочные шейки, шпоночные канавки и шлицы, повреждаются резьба и центровые отверстия, возникают дефекты в результате изгиба и кручения. Способ ремонта изношенного цилиндрического вала выбирают после соответствующей проверки и установления характера и степени износа (табл. 20).

Таблица 20

Способы ремонта шеек валов (осей)

Износ, мм	Способы ремонта
До 0,15	Восстанавливают хромированием, при этом предварительно шлифуют шейку для устранения рисок и отклонения от цилиндричности
Более 0,15	Протачивают и шлифуют под очередной ремонтный размер с заменой сопряженной детали или запрессовывают на шейки валов компенсационные

Износ, мм	Способы ремонта
	втулки, которые обтачивают и шлифуют на номинальный размер
Более 0,2 (на сторону)	Восстанавливают вибродуговой наплавкой, осталиванием, электромеханическим способом и ферромагнитными порошками в магнитном поле

Погнутые валы выправляют горячим или холодным способом. (Горячей правке подвергают валы, диаметр которых больше 50 мм.) Холодная правка валов может выполняться вручную с помощью винтовых скоб, рычагов, приспособлений под прессом. Сущность ее заключается в том, что приложенное усилие вызывает остаточные деформации и деталь восстанавливается, приобретая первоначальные свойства. При холодной правке с помощью пресса или скобы вал располагают на двух опорах выгнутой стороной к нагружающему устройству (винту, ползуну) и нагружают так, чтобы его прогиб в противоположную сторону был примерно равен первоначальному прогибу (лишь затем восстанавливают его первоначальную точность по прямолинейности).

Скобу для правки валов (рис. 54) накладывают на вал *5* захватами *3* и *6* так, чтобы винт *1* своим упором *4* находился против места выгиба вала (захваты можно раздвигать на осях *2* гайки в пределах 70...300 мм). Вращая винт, выправляют вал в этом месте и по индикатору (на рисунке не показан) проверяют его биение. Затем скобу последовательно перемещают на другие участки и повторяют операцию до тех пор, пока вал не будет выправлен.

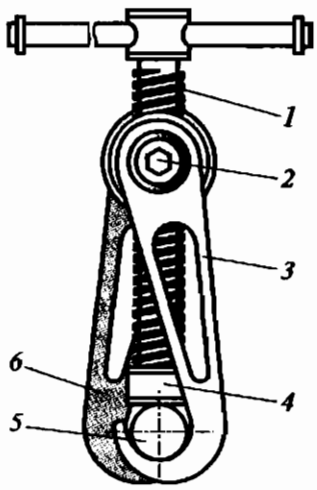


Рис. 54. Скоба для правки валов:

1 — винт; *2* — ось; *3* и *6* — захваты; *4* — упор; *5* — вал

Передвижной ручной пресс (рис. 55), также служащий для правки валов, располагают основанием *5* на направляющих токарного станка и по индикатору *9* находят место наибольшего прогиба вала *8*. Балочку *3* с подвижными опорами *7* и *2* настраивают гайкой *4* так, чтобы опоры соприкасались с образующей рихтуемого вала. Затем правят вал винтом *10* через про-

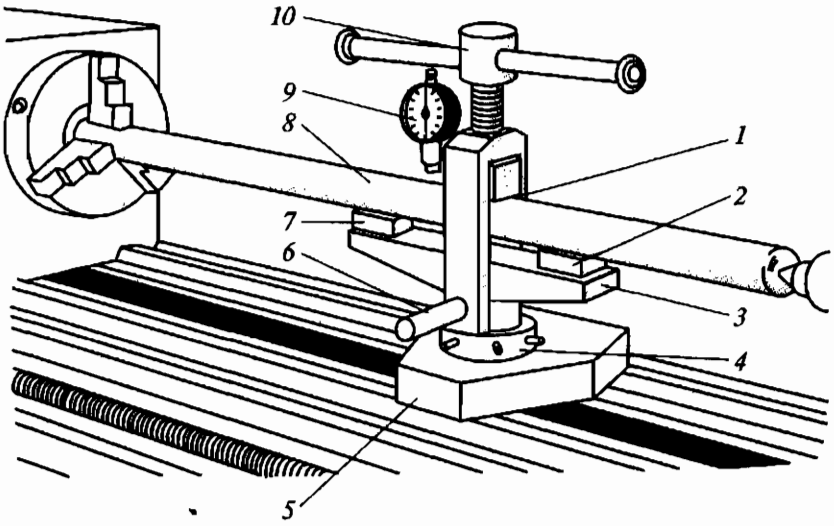


Рис. 55. Ручной пресс для правки валов:

1 — прокладка; *2* и *7* — опоры; *3* — балочка; *4* — гайка; *5* — основание; *6* — рукоятка; *8* — вал; *9* — индикатор; *10* — винт

кладку *1* из мягкого металла. Последовательное перемещение пресса по направляющим на другие участки осуществляется рукояткой *6*.

Изогнутые валы диаметром до 30 мм можно править наклепом. Процесс состоит в том, что вал кладут выгнутой частью вниз на плиту (рис. 56) и легким молотком наносят частые удары, пока он не выпрямится. (Удары наносят с обеих сторон выгнутой части, ограниченной углом 120°.)

Ремонт эксцентрикового вала. Эксцентриковые валы (кривошипные, коленчатые и пр.) преобразуют вращательное движение вала в поступательное движение, например, ползуна пресса (поршня компрессора). В процессе эксплуатации изнашиваются шейки *2* и *4* (см. рис. 53, *б*) и посадочные поверхности *1*, *3* и *5*, утрачивая свою первоначальную форму (цилиндричность и круглость) и уменьшаясь в диаметре; на них образуются риски и задиры. Отклонение от цилиндричности и круглости определяют микрометром по двум взаимно перпендикулярным диаметрам в двух сечениях.

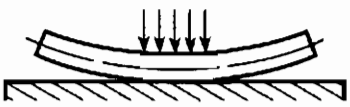


Рис. 56. Схема правки вала наклепом

Дефекты шеек вала устраняют шлифованием под ремонтные размеры, а сопрягаемые подшипники и другие детали заменяют новыми или изготовляют новые детали с посадками по месту. Поверхности *1*, *5* и шейки *2*, *4* шлифуют на кругло-

шлифовальном станке, при этом вал базируют в центрах оси *6*, а поверхность *3* — в центрах оси *7* (при этом на торце планшайбы, установленной на конце шпинделя, закрепляют грузы, уравновешивающие вал в центрах). Кривошипы и шатунные шейки коленчатого вала при шлифовании базируют с помощью центросместителя, установленного на станке; при этом вал располагают в центросместителе так, чтобы ось его вращения совпадала с осью кривошипа или осью шатунных шеек коленчатого вала. Допуск отклонения от круглости и цилиндричности прошлифованных поверхностей 0,01...0,02 мм; шероховатость *Ra* 0,32...0,63 мкм.

Особенности ремонта шпинделей. Изготовление нового шпинделя является сложной и дорогостоящей операцией. Однако в тех случаях, когда его ремонт влечет за собой также ремонт или изготовление сопрягающихся с ним деталей, замена изношенного шпинделя новым может оказаться более экономичной. Этот вопрос решают сравнением стоимости ремонтных работ и стоимости изготовления нового шпинделя. В большинстве случаев целесообразнее шпиндели ремонтировать; при этом выбирают наиболее рациональный метод восстановления, например механический способ обработки (способ ремонтных размеров), установку на клей компенсаторов износа (рис. 57), гальваническое покрытие и др.

Ремонт шпинделя механической обработкой. Сущность ремонта *механической обработкой* заключается в восстановлении геометрической точности изношенной поверхности, например, сопрягаемой с подшипниками (опорами) скольжения. Это осуществляют, снимая с нее минимальный слой металла (притиранием, шлифованием, точением) до удаления следов износа (без сохранения номинальных размеров) и обеспечивая регламентную точность и шероховатость поверхности нового шпинделя. Механическую обработку применяют не только как самостоятельный метод ремонта, но и как вспомогательную операцию при наплавке, металлизации, хромировании и пр.

Механическую обработку со снятием стружки применяют: для восстановления посадок сопрягаемых деталей или устранения отдельных дефектов; нарезания новой ремонтной резьбы (на валах и шпинделе); растачивания или развертывания отверстий в шпинделях под инструмент; доводки рабочих шеек валов и т.д. В ряде случаев восстановление требуемых зазоров у сопряженных деталей связано с необходимостью перевода их на ремонтный размер. При этом более трудоемкая и дорогостоящая деталь доводится до заданного размера механической обработкой, а сопрягаемая с ней изготавливается заново. Такой ремонт сопряженной пары может осуществляться несколько раз. (Критерием повторяемости ремонта является прочность деталей. Ремонтный размер должен задаваться заранее.)

5в Заказ №13147

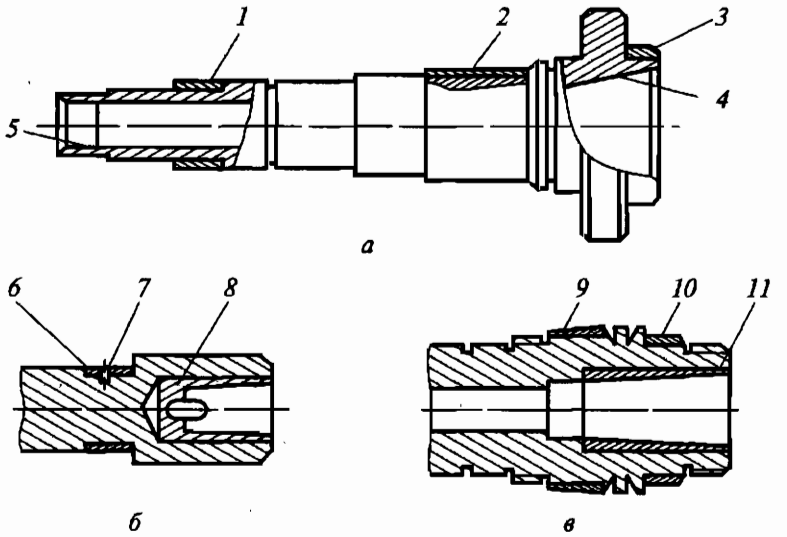


Рис. 57. Схемы ремонта шпинделей токарных (*а*, *в*) и сверлильного (*б*) станков:

1, *2*, *3*, *6*, *8*, *9* и *10* — компенсационные наделки; *4* и *5* — конические отверстия шпинделя; *7* — штифт; *11* — вставка

К шпинделям предъявляются особо высокие требования, поэтому их посадочные шейки обрабатывают шлифованием, допуская отклонения от соосности и цилиндричности, равные 5 мкм. Таким же требованиям должна соответствовать обработка конической поверхности подшипника. Конические отверстия *4* и *5* шпинделя (рис. 57, *а*) должны быть концентричны шейкам; допускается биение 0,01...0,02 мм на 300 мм длины. Шейки шпинделей под подшипники скольжения (в том числе с осевыми микротрещинами) восстанавливают установкой на клее тонкостенных компенсационных наделок *1*, *2*, *3*, *6*, *8*, *9*, *10* или вставок *11* (рис. 57, *б*, *в*). Практика показывает, что такие шпиндели служат дольше, а в ряде случаев и лучше новых, если наделки («рубашки») и вставки (втулки) изготовлены из материалов с более высокими эксплуатационными свойствами. При этом достигается значительная экономия материалов и сокращаются затраты на ремонт.

Для установки компенсационных наделок или вставок с поверхности шпинделя стачивают слой металла с целью посадки соответствующей детали-компенсатора в виде втулки с номинальным размером или увеличенным ремонтным размером восстанавливаемой поверхности (при этом снимаемый слой металла должен быть минимальным — до 10...15 % номинального диаметра сплошного сечения вала или толщины стенки полого шпинделя).

Для восстановления неподвижной посадки, например поверхности шпинделя под подшипник качения, компенсационная наделка может быть тонкостенной (0,5...2 мм), а при восстановлении шейки шпинделя под подшипник скольжения ее толщина должна быть не менее 2,5 мм. Компенсационные тонкостенные наделки изготавливают из металла, соответствующего материалу ремонтируемого вала или отвечающего повышенным требованиям. Внутренний диаметр выполняют по месту с зазором 0,05 мм по диаметру (с шероховатостью поверхности *Ra* 20 мкм), а наружный — с припуском 3...5 мм. Окончательную обработку ведут при интенсивном охлаждении через 24 ч после установки втулки и отверждения клея.

Компенсационные втулки толщиной 2,5...3,5 мм и более целесообразно изготавливать из цементируемой стали. Восстанавливаемый диаметр выполняют с припуском 0,3 мм, а диаметр втулки, сопрягаемой с валом, шпинделем или осью, обрабатывают с припуском 3...4 мм. После цементации с этой поверхности снимают науглероженный слой металла и закаливают втулку до HRC 58...60. Незакаленную поверхность втулки обрабатывают на токарном станке по размеру подготовленной поверхности вала с зазором по диаметру 0,05 мм (шероховатость поверхности *Ra* 20 мкм). Закаленную восстанавливаемую поверхность втулки окончательно шлифуют после установки ее на вал и отверждения клея.

Схемы ремонта шпинделей станков установкой на эпоксидном клее компенсационных наделок и вставок показаны на рис. 57. У шпинделя токарного станка компенсационной наделкой *1* восстановлена задняя шейка (см. рис. 57, *а*) под подшипник качения, наделкой *2* — опорная закаленная поверхность под подшипник скольжения и наделкой *3* — коническая поверхность патрона.

Шейки шпинделя сверлильного станка (см. рис. 57, *б*) восстановлены тонкостенными (толщиной менее 1 мм) компенсационными наделками *6* и *8* (наделка *6* выполнена из двух полувтулок, по краям которых поставлены на клее по два штифта *7*). Так же (см. рис. 57, *в*) наделкой *9* восстановлена коническая поверхность роликоподшипника серии 3182100 и наделкой *10* — направляющая для патрона. Коническое отверстие шпинделя восстановлено вставкой *11* с закаленным отверстием.

Шпиндели, у которых износ шеек по диаметру составляет 0,01...0,02 мм, ремонтируют притиркой на токарном станке, выполняемой специальным инструментом — жимком (рис. 58), состоящим из кольца-хомутика *1*, зажимного винта *2*, разрезной втулки-притира *3* (с разрезом) и рукоятки-державки (на рисунке не показана). Втулку-притир изготавливают из чугуна, меди или бронзы, а отверстие в ней выполняют по размеру обрабатываемой шейки.

Приступая к притирке шейки, накладывают на нее тонким слоем смесь из мелкого наждачного порошка и масла, после чего

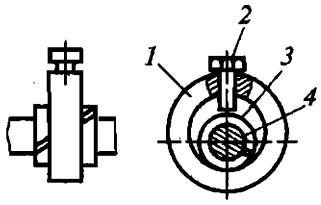


Рис. 58. Жимок для притирки шеек валов шпинделей и осей:
1 — кольцо-хомутик; *2* — зажимной винт; *3* — разрезная втулка-притир; *4* — шейка вала

надевают жимок и слегка завинчивают винт *2*. Затем пускают станок, предварительно настроив его на частоту вращения шпинделя, при которой скорость резания достигает 10...20 м/мин, и равномерно водят жимком вдоль обрабатываемой шейки вала *4*. Время от времени обновляют слой притирочной смеси и подвинчивают винт *2*. Устранив износ, промывают шейку шпинделя и втулку-притир керосином; затем, нанеся на шейку тонкий слой доводочной пасты с керосином, завершают ее обработку.

При износе шеек шпинделя, превышающем 0,02 мм, их ремонтируют шлифованием с последующей притиркой под ремонтный размер. Однако этот способ ремонта приемлем лишь в том случае, когда имеется возможность соответственно изменить размеры отверстий в подшипниках или других деталях, сопрягаемых со шпинделем. При отсутствии такой возможности или нецелесообразности изменения размеров отверстий из-за большой трудоемкости операций шейки шпинделя с износом до 0,05 мм восстанавливают наращиванием хрома, а с износом более 0,05 мм — вибродуговой наплавкой. Шейки шпинделей с наращенным на них хромовым слоем обрабатывают шлифованием; если же на них наносят слои других металлов большей толщины, чем при хромировании, шейки сначала обтачивают, а потом шлифуют. При этом им придают по направлению к заднему концу конусность до 0,01 мм, чтобы при шабрении подшипников слой краски, нанесенный на шейки, полностью использовался для закрашивания поверхности подшипников.

При окончательной механической обработке наделок и вставок нельзя допускать перегрева, так как при этом может разрушиться клеевая пленка (поэтому операцию выполняют с обильным охлаждением).

Механическую обработку конического отверстия шпинделя можно выполнять с помощью специальных приспособлений, не снимая шпинделя со станка, что обеспечивает хорошее центрирование оси его отверстия с осью станка. Точность конического отверстия шпинделя проверяют стандартным конусным калибром, контрольная риска на котором не должна входить в отверстие (между ней и торцом шпинделя должно быть расстояние 1...2 мм).

Ось конического отверстия шпинделя проверяют на биение индикатором по контрольной оправке, вставленной в отверстие. Допускается отклонение от оси 0,01 мм у торца шпинделя

и 0,02 мм — на длине 300 мм. Поверхность *4* (см. рис. 57, *а*) шпинделя может иметь предельно допустимое биение 0,01 мм.

Для предотвращения валов от изгиба и деформации рекомендуется помещать их вертикально в специальные стеллажи-стойки. Лучший способ хранения валов — в подвешенном вертикальном состоянии.

Подготовка полого шпинделя к ремонту механической обработкой заключается в том, что сначала выбирают неизношенные поверхности, принимаемые за базу для выполнения центрования, осуществляемого установкой шпинделя на специальные технологические пробки (рис. 59). Эта операция, весьма ответственная и требующая точного исполнения, создает условия для качественного ремонта. При установке пробок контролируют состояние отверстий на концах шпинделя *5*. Их зачищают от забоин, проверяют контрольными пробками на краску (отпечатки краски должны покрывать не менее 70% площади, контактирующей с пробкой) и при необходимости доводят притиркой, точением или шлифованием. Пробка *3* имеет резьбовую часть, на которую навинчивают гайку (на рисунке не показана); с ее помощью выпрессовывают пробку, не повреждая шпинделя. Пробку *1* выполняют с упорным буртом для упора в торец шпинделя.

Центрирование шпинделя осуществляют в такой последовательности: заготовку *2* разрезной цапфы, зажатой в патроне, растачивают по размеру хвостовика шпинделя, который устанавливают в цапфу (передняя шейка поддерживается люнетом *4*); регулируют положение шпинделя с помощью сухарей люнета, контролируя его по индикатору (допуск биения 0,01 мм); окончательно зажимают цапфу и осуществляют центрирование передней пробки; снимают

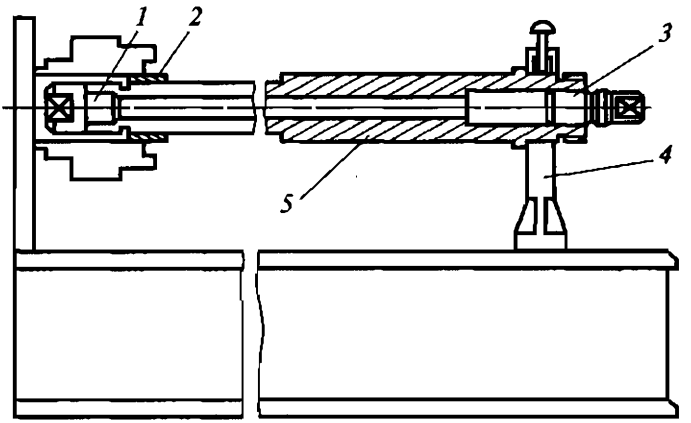


Рис. 59. Установка шпинделя на технологические пробки:
1 и *3* — пробки; *2* — заготовка; *4* — люнет; *5* — шпиндель

шпиндель, дополнительно растачивают цапфу по его передней базовой поверхности; вновь устанавливают шпиндель на станок и закрепляют в цапфе, а хвостовик помещают в люнет; дополнительно выверяют шпиндель сухарями люнета и осуществляют центрование второй пробки. Завершают подготовку шпинделя, контролируя точность его установки индикатором. Затем выполняют операции, указанные в технологической маршрутной карте ремонта шпинделя.

Ремонт шпинделя хромированием. *Хромирование* — это электролитическое нанесение хромового покрытия на поверхность металлических изделий. Этот процесс основан на свойстве некоторых металлов под действием электрического тока осаждаться из растворов их солей (электролитов) на поверхностях деталей в виде плотного слоя. Хромирование является трудоемким, дорогостоящим и длительным процессом (для осаждения хрома толщиной 0,1 мм затрачивается от 6 до 16 ч).

Пористое хромирование состоит из двух операций — электролитического осаждения хрома и образования на поверхности покрытия пористости, которая достигается при определенных условиях электролиза. Такими покрытиями восстанавливают изношенные поверхности деталей, в том числе и шпинделей. Хромовое электролитическое покрытие характеризуется высокой твердостью (HRC 64), низким коэффициентом трения и большой сопротивляемостью износу. Повышенная твердость электролитического хрома объясняется искажением кристаллической решетки, вызываемым внутренними напряжениями и внедрением водорода. Выход из строя хромированных деталей чаще всего происходит из-за отслаивания покрытий, что является одним из недостатков этого способа восстановления. Следует также иметь в виду, что с увеличением толщины слоя хрома прочность покрытия уменьшается (максимально допустимая толщина слоя хрома после шлифования для поверхностей скольжения шпинделя не должна превышать: 0,12 мм — при давлении до 50 МПа; 0,05...0,1 мм — при давлении 50...200 МПа; 0,03 мм — при давлении, превышающем 200 МПа, и динамической нагрузке с нагревом).

При восстановлении начальных размеров шпинделей следует выбирать способ ремонта, одновременно обеспечивающий повышение износостойкости поверхностей.

К отремонтированным шпинделям предъявляют следующие требования:

отклонение от цилиндричности шеек под подшипник не должно превышать: для шпинделей станков точности А и С — 10 % допуска на диаметр шейки; для станков точности П и В — 25 % и станков точности Н — 50 % допуска на диаметр шейки;

при проверке конусного отверстия конусным калибром длина неокрашенных мест не должна превышать 5 мм по окружности. Нанесенные на калибр через 90° четыре продольные риски долж-

ны равномерно растираться, неокрашенные места не должны превышать 3 мм. Торец шпинделя должен находиться в пределах двух рисок на конусном калибре;

уменьшение диаметра основных поверхностей шпинделя при протачивании и перешлифовке допускается в пределах 5 %, а уменьшение диаметра резьбы — до следующего меньшего стандартного размера;

нежелательно увеличение размеров шпоночного паза;

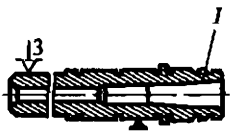
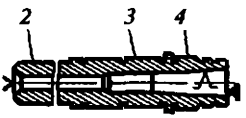
шпиндель должен вращаться от руки без люфтов и заедания;

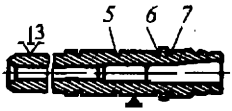
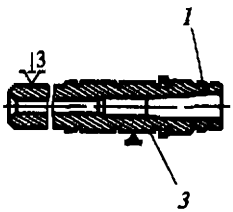
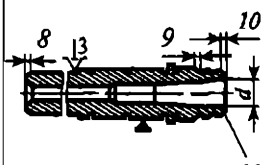
при вертикальном расположении шпинделя его ось должна быть перпендикулярна поверхности стола.

В табл. 21 приведен маршрутный технологический процесс ремонта шпинделя станков моделей 3А151, 3А161.

Таблица 21

Маршрутный технологический процесс ремонта шпинделя станков моделей 3А151, 3А161

Операция	Эскиз операции	Содержание операции
005		*Шлифовальная* Установить шпиндель на станке и закрепить; шлифовать конус *1* до устранения следов износа; шероховатость поверхности $\sqrt{12,5}$; открепить и снять шпиндель
010	—	*Контроль*
015		*Шлифовальная* Установить шпиндель на станке и закрепить; шлифовать поверхности *2, 3, 4* под осталивание до устранения следов износа, но не менее 0,3 мм на сторону; шероховатость поверхности $\sqrt{0,63}$; открепить и снять шпиндель; поверхности, не подлежащие осталиванию, изолировать
020	—	*Контроль*
025	—	*Осталивание* Осталивание поверхностей *2, 3, 4* до получения диаметра, обеспечивающего припуск 0,5 мм на сторону под механическую обработку
030	—	*Контроль*

Операция	Эскиз операции	Содержание операции
035		*Токарная* Установить шпиндель на станке и закрепить; прорезать канавки *5*, *6*, *7* по размеру, указанному на чертеже; открепить и снять шпиндель
040	—	*Контроль*
045	—	*Шлифовальная* Установить шпиндель на станке и закрепить; шлифовать предварительно и окончательно поверхности *2*, *3*, *4* по размеру, указанному на чертеже шпинделя; шероховатость поверхности $\overset{0,63}{\nabla}$; открепить и снять шпиндель
050	—	*Контроль*
055		*Шлифовальная* Установить шпиндель на станке, выверить по подшипниковой шейке *3* (допуск 0,015 мм) и закрепить; шлифовать поверхность *1* окончательно, выдерживая технические требования, указанные на чертеже шпинделя; шероховатость поверхности $\overset{0,63}{\nabla}$; открепить и снять шпиндель
060	—	*Контроль*
065		*Токарная* Установить шпиндель на станке и закрепить; подрезать торец *11*, обеспечивая размер $d = 31{,}267$ мм; шероховатость обрабатываемой поверхности $\overset{Rz80}{\nabla}$; обточить фаски *9* и *10*; переустановить шпиндель, обточить фаску *8*; открепить и снять шпиндель
070	—	*Контроль*

Для ремонта шпинделя необходимы следующие оборудование, приспособления и инструменты: токарно-винторезный станок; круглошлифовальный станок; резец 2130-0313, ВК6, ГОСТ 18884—73; резец 2112-0035, Т15К6, ГОСТ 18871—73; резец 2102-0079, Т15К6, ГОСТ 18877—73; шлифовальный круг ПВ 25Х20Х6-64С-25-12-СМ2-С2-7К; шлифовальный круг ПП 600Х160Х305-24А-40-25-СМ2-7К, ГОСТ 2424—83; патрон ГОСТ 2675—80; люнет; центры ГОСТ 13214—75; хомутик ГОСТ 16488—70; штатив ШМ-ПН-8, ГОСТ 10197—70; микрометр МК, ГОСТ 6507—78; образцы шероховатости поверхности, набор № 1; штангенциркуль ШЦ-11; шаблон; индикатор И402 кл. 0; лазурь железная.

7.2. Подшипники скольжения

По конструктивным особенностям подшипники скольжения делятся на следующие типы:

1. *Неразъемные нерегулируемые* (рис. 60, *а*). Подшипник состоит из цилиндрической втулки, называемой вкладышем, и корпуса, прикрепляемого к машине или составляющего с ней одно целое. Гладкая или с буртом втулка запрессовывается в корпус либо ставится по одной из переходных посадок и стопорится винтом или штифтом. Толщина стенки втулки 2...10 мм для валов соответственно диаметром 10...100 мм. Материал втулки: бронза, баббиты, чугун, пластмассы, металлокерамика и пр. При значительных габаритах вкладыш выполняется биметаллическим с нанесением различными способами слоя антифрикционного материала на чугунную или стальную втулку. Для подачи смазочного материала имеются соответствующие отверстия, для его равномерного распределения по длине подшипника — масляные канавки, а для обеспечения постоянной смазки нагруженной зоны подшипника — масляный карман (холодильник).

2. *Неразъемные регулируемые с внутренним конусом* (рис. 60, *б*). Подшипник представляет собой цилиндрическую втулку из бронзы или антифрикционного чугуна с конусным отверстием и наружной резьбой с обоих концов для двух регулировочных гаек. Зазор между валом и вкладышем регулируется осевым перемещением втулки. Штифт предохраняет втулку от проворачивания при регулировании. Применяется для опор шпинделей.

3. *Неразъемные регулируемые с наружным конусом* (рис. 60, *в*). Подшипник представляет собой втулку с цилиндрическим отверстием, наружным конусом и сквозной прорезью. Зазор между валом и вкладышем регулируется осевым перемещением втулки и ее сжатием при этом за счет имеющейся прорези. Болт с конусной головкой фиксирует положение подшипника. Применяется для опор шпинделей.

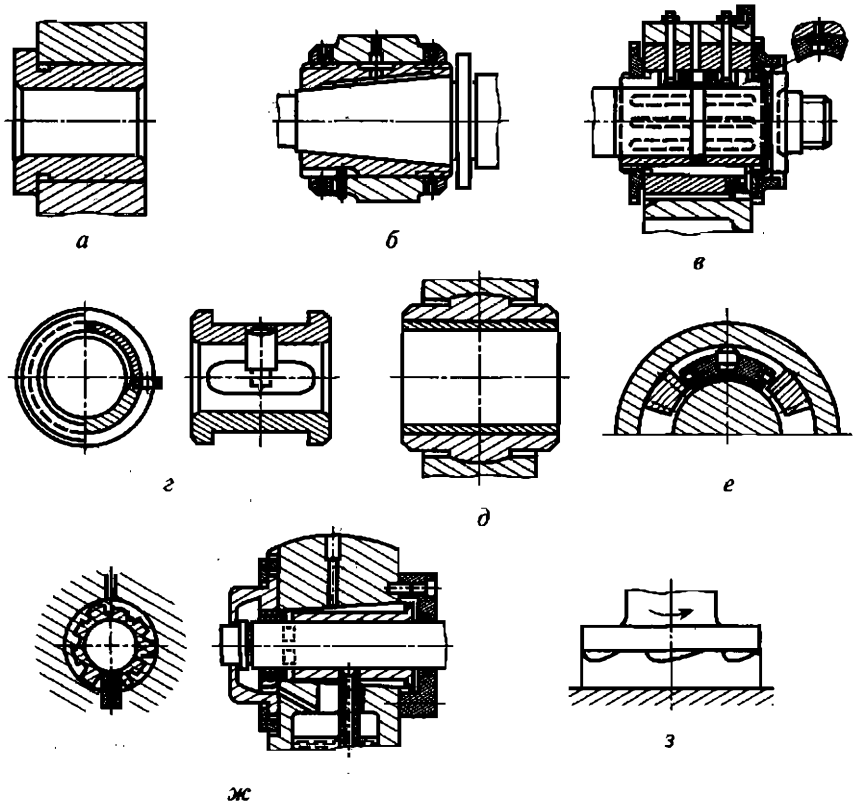


Рис. 60. Типы подшипников скольжения:

а — неразъемные нерегулируемые; *б* — неразъемные регулируемые с внутренним конусом; *в* — неразъемные регулируемые с наружным конусом; *г* — разъемные; *д* — самоустанавливающиеся цельные; *е* — сегментные самоустанавливающиеся; *ж* — многоклиновые цельные регулируемые; *з* — подпятники

4. *Разъемные* (рис. 60, *г*). Подшипник состоит из корпуса *5* (рис. 61) и крышки *4*, внутри которых установлены вкладыши *1* и *3* из бронзы, антифрикционного чугуна или биметаллические. В верхнем вкладыше выполняются отверстия *2* для подвода смазочного материала и смазочные канавки. Крышка и корпус с разъемом в горизонтальной или наклонной плоскости соединяются двумя либо четырьмя резьбовыми крепежными деталями. Для их разгрузки от поперечных усилий и взаимного центрирования стык крышки с корпусом выполняется с уступом или же ставятся два штифта.

Толстостенные (свыше 3 мм) вкладыши имеют борта для фиксации в осевом направлении, а для предохранения от проворота — штифт, винт или втулку. В тонкостенных (до 3 мм) вкладышах для

этих целей выполняется выступ, входящий в выемку корпуса. Зазор между валом и вкладышем регулируется за счет прокладок, закладываемых между корпусом и крышкой. Самая тонкая прокладка располагается у крышки. В комплект входят 5...20 прокладок толщиной 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1 мм.

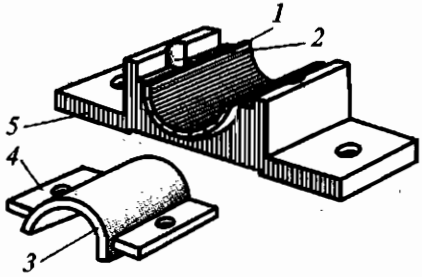


Рис. 61. Подшипник разъемный:
1 и *3* — вкладыши; *2* — отверстие; *4* — крышка; *5* — корпус

5. *Самоустанавливающиеся цельные* (рис. 60, *д*). Подшипник служит для компенсации перекосов осей вала и отверстия опоры за счет сферической поверхности сопряжения вкладыша и корпуса; применяется для многоопорных валов.

6. *Сегментные самоустанавливающиеся* (рис. 60, *е*). Вкладыши подшипников состоят из трех и более подушек сегментной формы, равномерно расположенных по окружности таким образом, что могут свободно устанавливаться относительно шейки вала, поворачиваясь в осевой и радиальной плоскостях. Подшипники обеспечивают безвибрационную работу узла.

7. *Многоклиновые цельные регулируемые* (рис. 60, *ж*). Вкладыш подшипника изготовлен в виде конуса. При осевом перемещении вкладыш за счет вращения гайки сжимается, образуя с валом несколько суживающихся зазоров. Получаемые таким образом несколько масляных клиньев обеспечивают валу хорошее центрирование и безвибрационную работу.

8. *Газостатические.* В зазор между шейкой вала и вкладышем в нескольких местах подается под давлением воздух, обеспечивающий воздушную смазку. Опоры обладают минимальным моментом трения. Применяются для подшипников с малыми нагрузками и высокими скоростями скольжения.

9. *Гидростатические.* Вкладыш имеет несколько (обычно четыре) несущих камер, куда под давлением подается масло. Опоры обладают ничтожно малым коэффициентом трения при трогании с места (до 10^{-6}). Применяются при необходимости высокой точности вращения, а также для тяжело нагруженных валов.

10. *Гидро-* и *газодинамические.* При определенных значениях зазора между шейкой и вкладышем и скорости выше минимальной данные опоры за счет гидро- и газодинамического эффекта обеспечивают жидкостное трение в подшипнике, т.е. отсутствие непосредственного контакта между шейкой вала и вкладышем. Применяются для опор шпинделей при высоких частотах вращения.

11. *Подпятники* (рис. 60, *з*). Воспринимают осевые силы. Рабочая поверхность — круг или кольцо. Типы: гладкие, сегментные

неподвижные, сегментные самоустанавливающиеся, гребенчатые, гидростатические. Подпятники изготавливают из чугуна, стали, бронзы, алюминиевых сплавов, баббитов, дерева, а также стали с заливкой опорной поверхности баббитом.

Дефекты подшипников скольжения: износ внутренней поверхности втулок и вкладышей; риски и задиры на поверхностях скольжения; нарушение крепления втулок и вкладышей в корпусах; искажение профиля смазочных канавок; выработка торцов, вкладышей; расплавление и отслаивание баббита. Признаки полного износа — отсутствие запаса для регулировки; поломка деталей корпуса и крышки; срыв резьбы; засорение маслоподводящих трубок и отверстий.

Неравномерный износ втулок и вкладышей приводит к увеличению зазоров, появлению овальности, конусообразности и бочкообразности. Если износ в сопрягаемой паре (вал — подшипник) превышает допустимые пределы, то необходим ремонт.

Ремонт подшипников скольжения осуществляется следующим образом.

Втулки развертываются или растачиваются с последующим шабрением под ремонтный размер; диаметр вала увеличивается наращиванием с последующим шлифованием.

Внутренний диаметр втулки уменьшается осадкой с последующим развертыванием.

Биметаллические втулки вновь заливаются.

При ослаблении посадки втулки в корпусе наружный диаметр ее увеличивается металлизацией, осталиванием, электролитическим наращиванием и т.д.

При больших износах вкладышей разъемных регулируемых подшипников (толщина регулировочной прокладки менее 0,5 мм) их заменяют новыми или восстанавливают.

При небольших износах и увеличении зазора в разъемных регулируемых подшипниках убирают (или заменяют) соответствующую прокладку из комплекта и правильность геометрической формы восстанавливают шабрением.

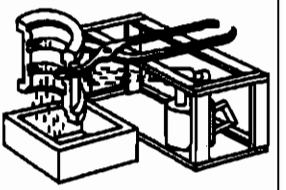
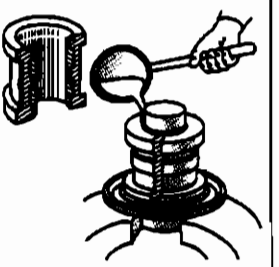
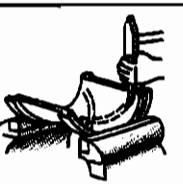
Неразъемные регулируемые подшипники с внутренним конусом при износе ремонтируются подтяжкой втулки и шабрением ее внутренней поверхности на краску по шейке вала.

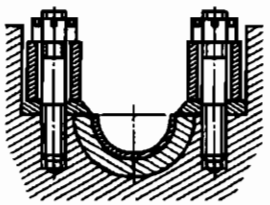
Неразъемные регулируемые подшипники с наружным конусом при износе ремонтируются подтяжкой втулки и сжатием ее при осевом перемещении с последующим шабрением на краску по шейке вала. Когда использована вся резьба, наружная поверхность втулки наращивается металлизацией или наплавкой с последующей обработкой.

Типовой технологический маршрут ремонта разъемных подшипников скольжения путем заливки вкладышей баббитом приведен в табл. 22.

Таблица 22

Технологический маршрут ремонта разъемных подшипников скольжения

№ операции	Содержание операции	Оборудование, приспособления, инструмент	Эскиз операции
I	*Слесарные* 1. Демонтировать подшипник. 2. Очистить вкладыши от грязи и промыть. 3. Выплавить баббит из вкладыша подшипника. 4. Обезжирить вкладыш. 5. Лудить слоем 0,1...0,2 мм. 6. Монтировать вкладыши со стержнем-оправкой, щели замазать глиной. 7. Залить баббитом	Гаечные ключи Моечная ванна, щетка Паяльная лампа, щипцы, ванна, подставка Бензин, ацетон Паяльная лампа, кислота, припой Гаечные ключи Приспособление для заливки баббитом, нагревательная печь	 Выплавка баббита  Заливка баббита
II	*Токарные* 1. Выверить вкладыши в сборе с прокладками на угольнике токарного станка. 2. Расточить с припуском под шабрение	Токарно-винторезный станок 16К62, планшайба, угольник, прижимные болты с планками, рейсмасс, нутромер	—
III	*Слесарные* 1. Просверлить отверстие для подачи смазки. 2. Вырубить смазочные канавки.	Вертикально-сверлильный станок 2А135, машинные тиски, сверло, крейцмейсель, чертилка, молоток,	 Вырубка смазочных канавок

№ операции	Содержание операции	Оборудование, приспособления, инструмент	Эскиз операции
	3. Предварительно шабрить вкладыш по краске. 4. Установить нижние вкладыши на место и проверить соосность в горизонтальной и вертикальной плоскостях. 5. Окончательно шабрить вкладыш по следам краски вместе с верхними вкладышами и проверить масляный зазор. 6. Собрать вал вместе с вкладышами и проверить работу подшипника	слесарные тиски, трехгранный шабер, лазурь Л-1 Деревянные бруски, струна, отвес, мерные мензурки, гибкий шланг Шабер, лазурь Л-1, свинцовые пластины Гаечные ключи	 Шабрение  Сборка

Зазор определяется щупом в верхней части подшипника. В разъемных подшипниках зазор можно определить при помощи двух-трех свинцовых пластин (проволочек). Одну пластину устанавливают между шейкой вала и вкладышем, а две другие — в разъемной части в стыках подшипников (рис. 62).

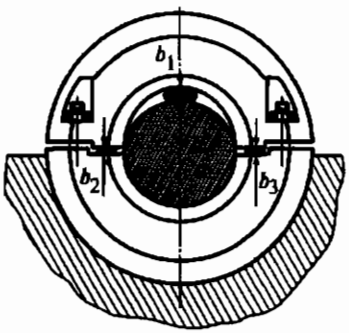


Рис. 62. Определение масляного зазора

При затяжке гаек, крепящих крышку подшипника, заложенные пластины сплющиваются. Зазор h определяется по формуле

$$h = b_1 - \left(\frac{b_2 + b_3}{2}\right),$$

где b_1 — толщина верхней пластины после демонтажа; b_2 и b_3 — толщины средних пластин после демонтажа. При увеличении зазора сверх допускаемых значений в регулируе-

мых подшипниках зазор уменьшают, а для восстановления правильной геометрической формы отверстия производят шабрение. Хорошо пришабренными подшипниками считаются те, которые при проверке окрашиваются равномерно по всей окружности на 70...75 % ее поверхности.

7.3. Подшипники качения

Подшипники качения (рис. 63, *а—г*) широко применяют во всех отраслях машиностроения. Они представляют собой готовые сборочные единицы, основным элементом которых являются тела качения — шарики или ролики, установленные между кольцами и удерживаемые друг от друга на определенном расстоянии с помощью сепаратора *4* (см. рис. 63, *а*). В процессе работы шарики *2* (или ролики) катятся по беговым дорожкам колец *1* и *3*, одно из которых, как правило, размещают в механизме неподвижно. В подшипниках качения цапфа вала обычно опирается на поверхность внутреннего кольца и вращается вместе с ним относительно наружного.

Подшипники качения более износостойки, чем подшипники скольжения. Кроме того, они способны работать при разных частотах вращения вала без дополнительной регулировки, не нуждаются в большом количестве смазки и не требуют сложного ухода. Наконец, применение подшипников качения характеризуется наименьшими потерями в них мощности на трение.

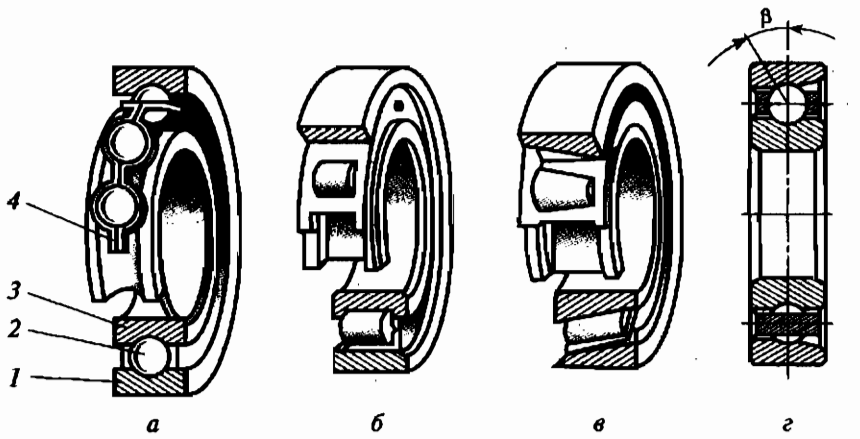


Рис. 63. Подшипники качения:

а — радиальный шариковый однорядный; *б* — радиальный роликовый; *в* — роликовый конический; *г* — радиально-упорный шариковый; *1* и *3* — кольца; *2* — шарики; *4* — сепаратор; β — угол контакта

Подшипники качения делятся:

по форме тел качения — на шариковые и роликовые с цилиндрическими (короткими и длинными), витыми, игольчатыми, бочкообразными и коническими роликами;

числу рядов тел качения — на одно-, двух- и многорядные;

способу компенсации перекосов вала — на несамоустанавливающиеся и самоустанавливающиеся;

способности воспринимать нагрузку преимущественно того или иного направления — на радиальные, радиально-упорные и упорные;

габаритным размерам при одинаковом внутреннем диаметре — на серии: сверхлегкую, особо легкую, легкую, среднюю и тяжелую;

ширине подшипника — на узкие, нормальные, широкие и особо широкие.

Радиально-упорные шарикоподшипники (см. рис. 63, *г*) предназначены для восприятия комбинированных (одновременно действующих радиальных и осевых) нагрузок. Степень восприятия осевых нагрузок зависит главным образом от угла контакта β, который не превышает 40° (стандартные углы 13, 26 и 40°).

Двухрядные шарико- и роликоподшипники состоят из тех же частей, что и однорядные, но внутреннее кольцо в них имеет две параллельные дорожки качения, а дорожка качения наружного кольца выполнена в форме сферы. (Последним обусловливается название этих подшипников — сферические.) Благодаря сферической форме внутренней поверхности наружного кольца происходит свободная самоустановка подшипника при повышенном отклонении от соосности (перекосе) гнезд подшипников для вала, чем предотвращается защемление шариков или роликов. В связи с этой особенностью сферических подшипников их называют также самоустанавливающимися. В обычных подшипниках качения перекосы вала не допускаются.

Многорядные подшипники имеют несколько рядов шариков или роликов. Ролики по форме могут быть цилиндрическими, бочкообразными, игольчатыми или витыми. В целях уменьшения радиальных размеров подшипника в некоторых случаях кольца отсутствуют.

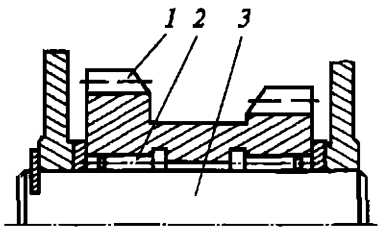


Рис. 64. Блок зубчатых колес на игольчатых роликах без колец:
1 — корпус; *2* —ролики; *3* — цапфа

Например, в блоке зубчатых колес ролики *2* (рис. 64) катятся непосредственно по цапфе *3* и корпусу *1*.

Установлено пять классов точности подшипников (в порядке повышения точности): 0, 6, 5, 4 и 2. Кольца и шарики подшип-

ников изготовляют из сталей ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ, 18ХГТ, 20Х2Н4А.

Обозначение подшипника (например, 3182100) наносится на кольцо и отражает основные параметры и конструктивные особенности подшипника. Первые две цифры (справа налево) обозначают его внутренний диаметр. Для подшипников с внутренним диаметром от 20 до 495 мм он получается умножением числа из этих двух цифр на 5. Для подшипников диаметром от 10 до 20 мм приняты следующие обозначения:

Маркировка	00	01	02	03
Внутренний диаметр, мм	10	12	15	17

Третья цифра справа обозначает серию подшипника: 8 и 9 — сверхлегкая; 1 и 7 — особо легкая; 2 — легкая; 3 — средняя; 4 — тяжелая; 5 — легкая широкая; 6 — средняя широкая.

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника: 0 — радиальный шариковый однорядный; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный двухрядный сферический с бочкообразными роликами; 4 — радиальный роликовый с длинными цилиндрическими роликами и игольчатый; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый конический радиально-упорный; 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

Пятая и шестая цифры справа обозначают конструктивные особенности подшипника, седьмая цифра — серию подшипника по ширине: 1 — нормальная; 2 — широкая; 3, 4, 5 и 6 — особо широкая; 7 — узкая.

Слесари-ремонтники должны уметь выбрать подшипник для выполнения определенных операций и знать принципы их регулирования.

7.4. Ремонт деталей и сборочных единиц с подшипниками качения

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.

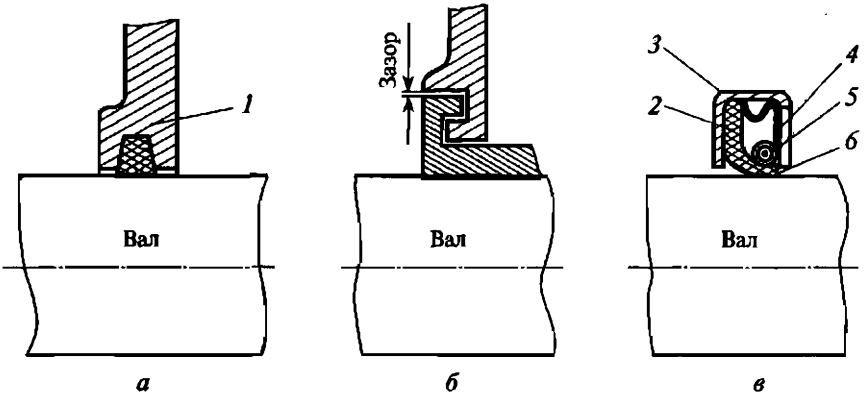


Рис. 65. Уплотняющие устройства подшипников качения:

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. 65, *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. 65, *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. 65, *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 *б* 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.

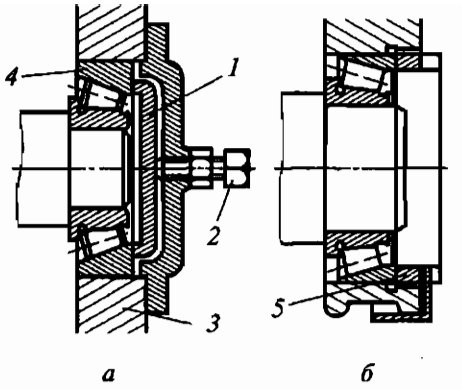


Рис. 66. Схемы регулирования натяга конических роликоподшипников:

а — болтом; *б* — гайкой; *1* — диск; *2* — болт; *3* — корпус; *4* — кольцо; *5* — гайка

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. 66, *а*) болтом *2* поджимают диск *1*, который, в свою очередь, смещает наружное кольцо *4* подшипника в корпусе *3* (так устраняют зазор между роликами и кольцами). Есть конструкции (рис. 66, *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.

Опоры качения шпинделей. Шпиндели 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 едини-

цы 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).

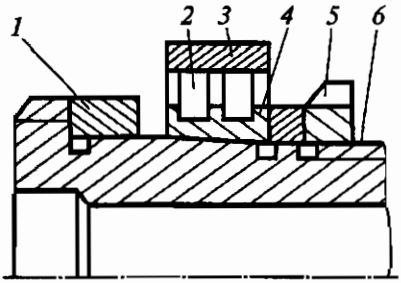


Рис. 67. Схема регулирования предварительного натяга роликоподшипника серии 3182100:

1 — кольцо; *2* — ролики; *3* — наружное кольцо; *4* — внутреннее кольцо; *5* — гайка; *6* — шпиндель

В роликоподшипниках серии 3182100 (рис. 67) 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.

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. 68, *а*); установкой дистанционных

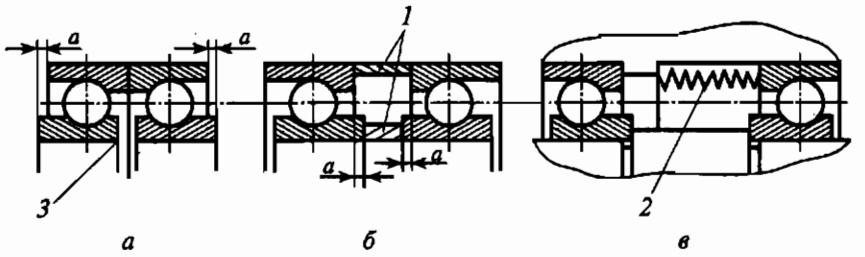


Рис. 68. Способы создания предварительного натяга радиально-упорных шарикоподшипников:

а — подшлифовыванием торцов внутренних или наружных колец; *б* — установкой дистанционных колец; *в* — установкой пружины; *1* — дистанционные кольца; *2* — пружина; *3* — торец; *а* — расстояние между торцами колец

колец *1* разной ширины (рис. 68, *б*) или пружины *2* (рис. 68, *в*), 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 изготовляют дистанционное распорное кольцо или шлифуют и доводят выступающие торцы колец подшипников). Для точного измерения относительных осевых смещений колец радиальных шарикоподшипников, а также 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. 23.

Таблица 23

Дефекты узлов с подшипниками качения и способы их устранения

Дефект	Причины	Способ устранения
Повышенный нагрев	Недостаточная смазка	Добавить смазочный материал
	Защемление 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 %;

Окончание табл. 23

Дефект	Причины	Способ устранения
		при бо́льших зазорах подшипник заменить. Подшипник серии 3182100 допускает регулировку
Трещины, 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 устраняется, 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

7.5. 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. 69) 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 $Ra \le 2{,}5$ мкм;

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

5. При скорости $v > 5$ м/с шкив должен быть отбалансирован.

Дефекты шкивов и способы их устранения приведены в табл. 24.

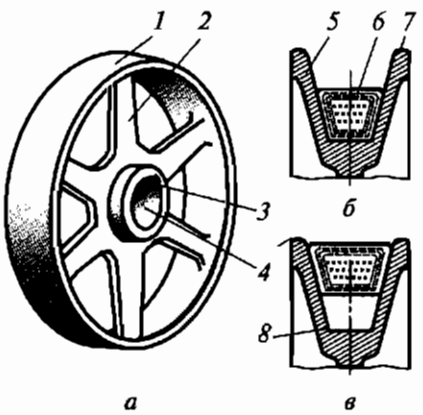


Рис. 69. Шкивы для плоских (*а*), клиновидных (*б*) ремней и правильное расположение ремня в канавке (*в*):

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

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

$$i_{1-2} = \frac{D_2}{D_1}.$$

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

Плоскоременные передачи различают открытые, перекрестные и полуперекрестные. В открытой передаче (рис. 70, *а*) валы параллельны друг другу и шкивы вращаются

Таблица 24

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 клею
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 шлицевых пазов ступицы, резьбовых отверстий под крепежные детали	См. ремонт соответствующих соединений (табл. 14, 16, 17)

в одном направлении. В перекрестной передаче (рис. 70, *б*) валы также параллельны, но шкивы вращаются в разных направлениях. В полуперекрестной передаче оси валов расположены в разных плоскостях под углом друг к другу (рис. 70, *в*).

Углы, соответствующие дугам, по которым касаются ремень и шкив, называют *углами обхвата*. Для уменьшения скольжения

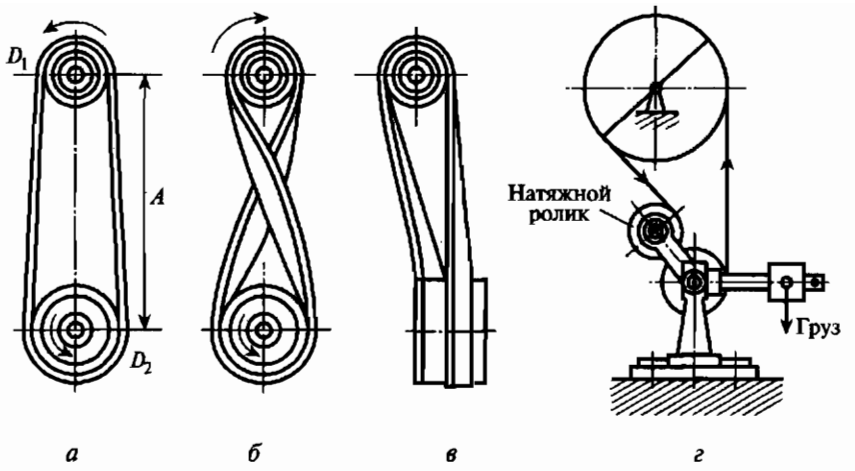


Рис. 70. Передачи плоским ремнем:

а — открытая; *б* — перекрестная; *в* — полуперекрестная; *г* — с натяжным роликом; A — межцентровое расстояние между шкивами; D_1 и D_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов

ремня вследствие недостаточного трения из-за небольшого угла обхвата применяют натяжной ролик (рис. 70, *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.

Клиноременные 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. 71, *а* показана клиноременная передача, прорезиненные ремни которой имеют трапецеидальный профиль, а шкивы — соответствующие канавки.

Поликлиновые ремни (рис. 71, *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. 71, *в*), расположенными

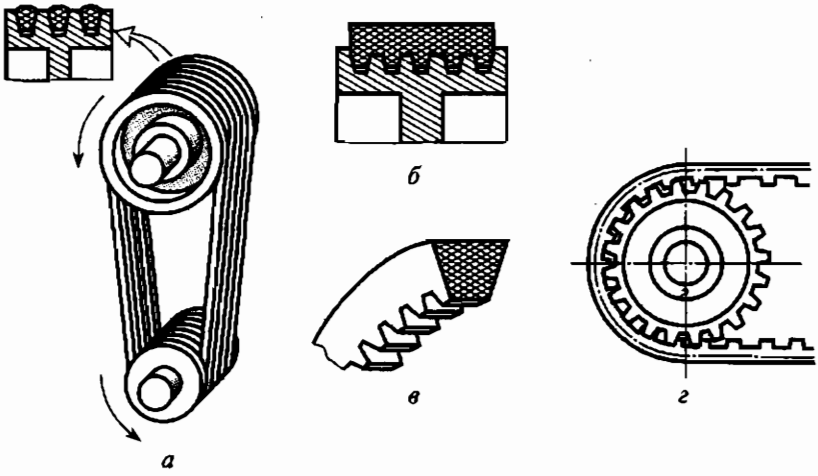


Рис. 71. Клиноременная (*а*), поликлиноременная (*б*), клиноременная с зубьями (*в*) и зубчатоременная (*г*) передачи

поперек ремня на внутренней, а иногда — на наружной его поверхности.

В *зубчатоременной передаче* (рис. 71, *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. 72, *а*) или шнуров. Шнур закрепляют на одном из шкивов (рис. 72, *б*), отводят в сторону (точка *I*) 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 шнура на расстоянии *K* (рис. 72, *в*) от торца шкива необходимо один из шкивов смещать в осевом направлении для того, чтобы они расположились параллельно. Если расстояние *K* окажется неравно-

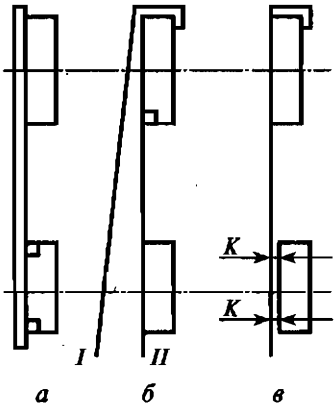


Рис. 72. Схемы проверки установки шкивов на валы с помощью линейки (*а*) и шнуров (*б, в*)

мерным, это означает, что оси валов не параллельны (при перекосе).

Правильная установка шкивов — 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 устраняют 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° 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. 73), 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.

Натяжение клиновых ремней должно быть умеренным. Когда ремни сильно натянуты, возрастает нагрузка на оси и упругая деформация валов, что может ускорить износ подшипников и привести к поломке валов в результате многократного передефор-

мирования (усталостного износа); кроме того, при этом более интенсивно растягиваются ремни. Слабо же натянутые ремни проскальзывают по канавкам шкивов, сильно нагреваются, в результате быстрее изнашиваются и поверхности канавок, и сами ремни.

Натяжение ремней регулируют специальными устройствами, как правило, имеющимися в ременных передачах, а контролируют приспособлением, показанным на рис. 73. Установочное кольцо *7* отводят в исходное положение — до упора в планку *6*, затем приспособление прикладывают бортиками *5* к ветви ремня *4*, располагая примерно посередине между осями валов. Нагружают ветвь с помощью колпачка *10* с защитной насадкой *9*, пружины *1* и стержня *8*, следя при этом, чтобы торец колпачка совмещался с определенным значением на шкале *2*. Стержень, перемещаясь в отверстии планки *6*, образует стрелу прогиба *x* ветви ремня, по которой судят о состоянии натяжения. Высоту стрелы прогиба определяют по показанию на шкале *3*, соответствующему делению шкалы, на котором остановилось кольцо *7* при нагружении

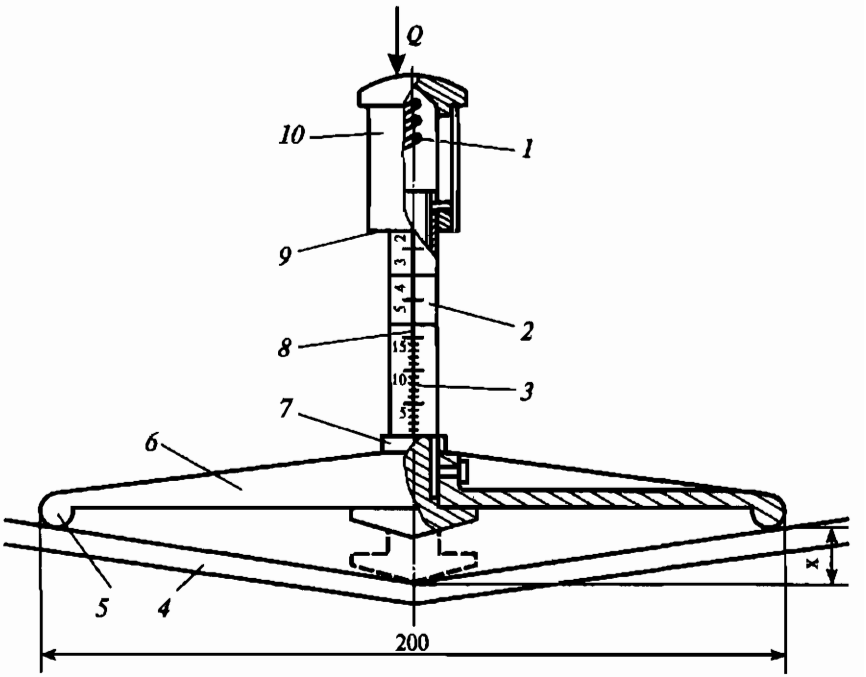


Рис. 73. Приспособление для контроля натяжения ремней:

1 — пружина; *2* и *3* — шкалы; *4* — ремень; *5* — бортик; *6* — планка; *7* — установочное кольцо; *8* — стержень; *9* — защитная насадка; *10* — колпачок

ветви. Если стрела прогиба меньше нормы, усилие Q воздействия на пружину уменьшают, и наоборот.

Этим приспособлением проверяют натяжение ремней разных типоразмеров, применяемых в ременных передачах оборудования, независимо от расстояния между осями шкивов.

Сборка ременных передач и уход за ними:

1. Шкив напрессовывают на вал с натягом. Передача вращающего момента осуществляется посредством шпоночного или шлицевого соединения. От осевого смещения шкив крепят на валу с помощью установочных винтов, шайб, гаек и т. п.

2. Проверяют параллельность валов, совмещение середин шкивов (линейкой, прикладываемой к торцам шкивов), радиальное и торцовое биение ободьев шкивов.

3. На шкивы надевают ремень; создается начальное натяжение ремня, контролируемое специальным динамометром или стрелой прогиба ветви ремня при ее нагружении (масса груза 5 кг).

4. Касание ремнем корпуса машины и ограничительного кожуха недопустимо.

5. Значительная вытяжка нового ремня в первые 10...15 дней работы требует частого осмотра и регулировки его натяжения.

6. Ремни и шкивы необходимо содержать в чистоте. Грязь с ремней соскабливают деревянным скребком, после чего ремень промывают в мыльной воде и высушивают. Пятна минерального масла удаляют тампоном, смоченным в бензине.

7. В целях сохранения эластичности прорезиненных ремней не рекомендуется применять канифоль, а кожаные ремни необходимо смазывать.

Возможные неисправности ременных передач и способы их устранения приведены в табл. 25.

Таблица 25

Дефекты ременных передач и способы их устранения

Дефект	Причина	Способ устранения
Проскальзывание ремня	Недостаточное натяжение ремня вследствие его вытягивания	Увеличить натяжение ремня
Повышенный нагрев ремня и шкивов	Ремень натянут излишне сильно	Ослабить натяжение ремня
Плоский ремень сходит со шкивов	Непараллельность осей шкивов	Устранить непараллельность осей валов

Окончание табл. 25

Дефект	Причина	Способ устранения
Плоский ремень сходит со шкивов	Несовмещение плоскостей шкивов	Отрегулировать совмещение плоскостей торцов 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

7.6. Ремонт соединительных муфт

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

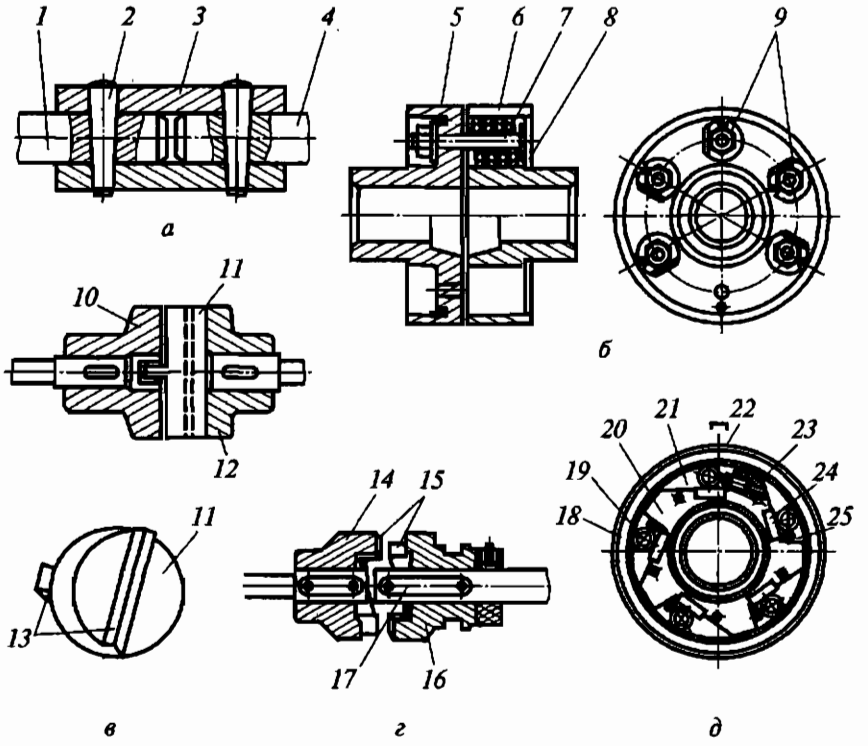


Рис. 74. Жесткая втулочная (*а*), упругая пальцевая (*б*), крестовая (*в*), кулачковая сцепления (*г*) и фрикционная обгонная (*д*) муфты:

1 и *4* — валы; *2* — штифт; *3* — втулка; *5*, *6*, *10*, *12*, *14* и *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

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.

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 биения, 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*, *самоцентрирующиеся 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°30′. Детали этих муфт изготовляют из цементируемых сталей с последующей закалкой. Промежуточную деталь для малонагруженных муфт изготовляют 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, *г*) 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 полумуфте, 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 полумуфт, проверка плотности прилегания

Окончание табл.29

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 поверхностью, 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 изготовляют 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 Н·м.

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

Ремонт электромагнитных муфт. Электромагнитные муфты, широко использующиеся в приводах оборудования, служат для соединения и разъединения ведущего и ведомого валов без оста-

новки ведущего, а также для пуска, торможения, реверсирования и переключения скоростей и подач. Эти фрикционные муфты удобны в эксплуатации, имеют небольшие габаритные размеры, передают значительные мощности на валу, имеют малое время срабатывания и обладают высоким коэффициентом управления.

Для питания муфт используется постоянный ток, напряжение 24 В. В многодисковой электромагнитной муфте (рис. 75) при прохождении тока по катушке *4* возникает магнитный поток, часть которого (полезный поток) проходит через тело корпуса, все диски *2* и якорь *1*. Другая часть потока, связанная с витками (поток рассеяния), замыкается через диски, не доходя до якоря. Специальные фигурные отверстия в дисках создаются для того, чтобы лишь небольшая часть магнитного потока замыкалась через диски, а основная проходила перпендикулярно их плоскости к якорю. Полезный поток вызывает усилие, под действием которого диски оказываются сжатыми между корпусом и якорем муфты, вследствие чего осуществляется передача ведомому валу вращающего момента.

Привод этой муфты осуществляется через зубчатое колесо *7*, насаженное на корпус *11*. В последнем помещена электромагнитная катушка *4*, один конец провода которой выведен на корпус, т.е. заземлен, а другой присоединен к контактному кольцу *6*, изолированному от корпуса кольцом *12*. Корпус *11* вместе с запрессованной втулкой *10* свободно вращается на ведомом валу *8* и удерживается от осевого перемещения кольцом *9*, закрепленным

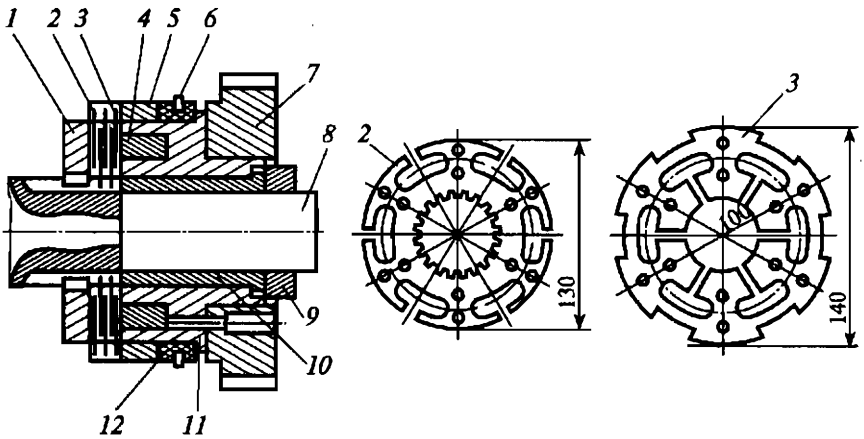


Рис. 75. Многодисковая электромагнитная муфта:

1 — якорь; *2* и *3* — диски; *4* — катушка; *5* — обойма; *6* — контактное кольцо; *7* — зубчатое колесо; *8* — ведомый вал; *9* и *12* — кольца; *10* — втулка; *11* — корпус

стопорным винтом. Якорь *1* и диск *2*, соединенные валом *8* с помощью шлицевого соединения, свободно перемещаются вдоль оси. Диски *3* имеют наружные выступы, которые могут передвигаться по пазам обоймы *5*, закрепленной на корпусе *11*.

В процессе эксплуатации периодически приходится регулировать зазор между дисками, добиваясь заданного вращающего момента. В электромагнитных муфтах заданный зазор создают подбором дистанционных колец или подрезкой торцов сопрягаемых деталей, а увеличенный суммарный зазор устраняют постановкой дополнительных дисков.

Диски с царапинами ремонтируют шлифованием, но если оно не дает необходимого результата, то их заменяют новыми. Корпус и якорь изготовляют из мягких сталей, обладающих минимальным значением остаточной магнитной индукции, во избежание слипания дисков при отключении катушки. Сила сжатия дисков зависит от их толщины (в электромагнитных муфтах толщина дисков обычно составляет 0,4...0,25 мм). С целью повышения долговечности диски изготовляют из стали 65Г, которую подвергают термической обработке.

Вмятины в пазах обоймы (поводка) устраняют сваркой с последующей механической обработкой (припиловкой). Неисправные катушки или заменяют новыми, или перематывают в них обмотку. Перед монтажом очищают от твердых частиц рабочие поверхности фрикционных дисков, а также полости конусов узлов бесконтактных муфт, в которые встраивают диски.

Рабочая поверхность контактного кольца *6* не должна иметь биения (допуск 0,02...0,04 мм). Поводок внешних дисков должен вращаться вместе с муфтой относительно одной оси (допускаемое отклонение от концентричности 0,03 мм).

Собранные после ремонта электромагнитные муфты проверяют на соответствие крутящего момента $M_{кр}$ заданному значению.

7.7. Ремонт деталей зубчатых и цепных передач

Зубчатые передачи. 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 *1*, 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 вкладушей, которые закрепляют винтами либо сваркой (рис. 77, *б*), а также ввертышей и т. п. Наплавка (рис. 77, *в*) производится толстообмазанными электродами Э-3У, Э-42, ОММ-5 и пр. После наплавки колесу дают медленно остыть, 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)

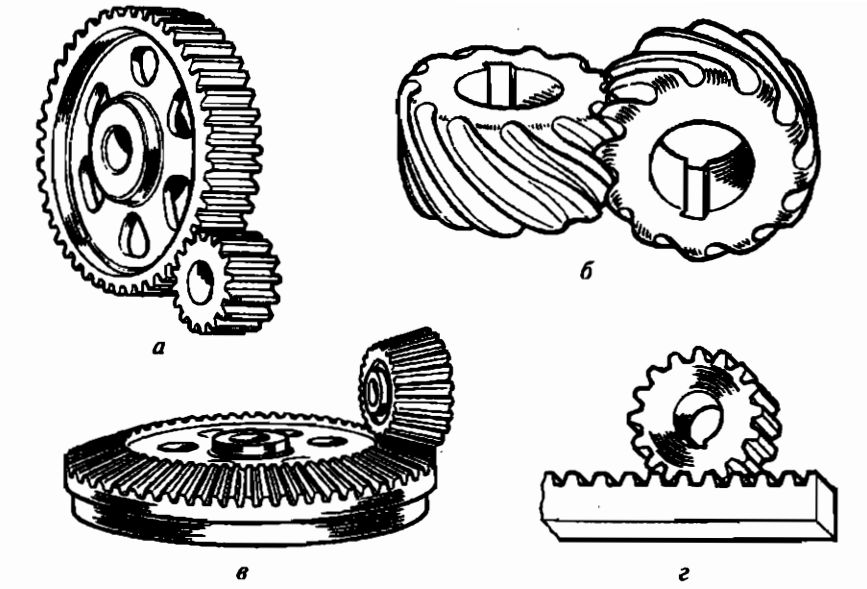


Рис. 76. Зубчатые передачи:

а, в — прямозубые; *б* — со скрещивающимися осями; *г* — преобразования движения

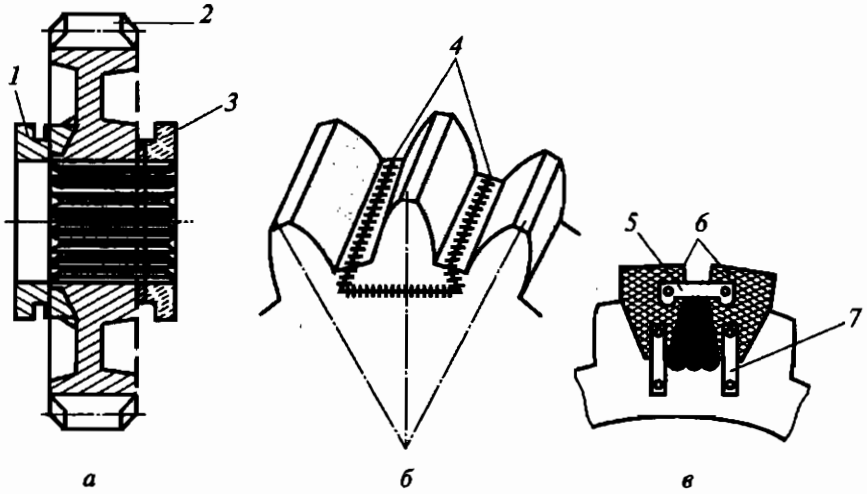


Рис. 77. Схемы ремонта зубчатых колес:

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

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, изготовляются 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 червяч-

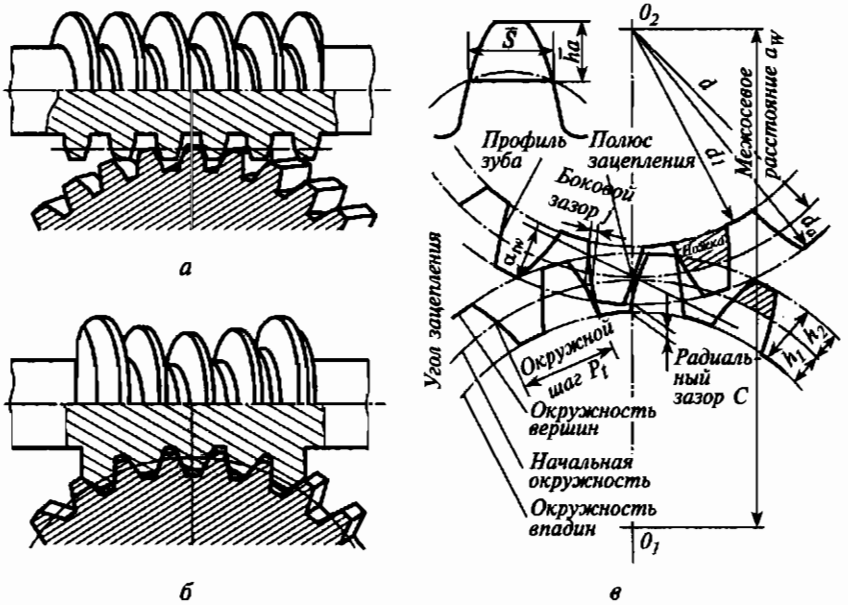


Рис. 78. Червячные передачи:

а — цилиндрическая; *б* — глобоидная; *в* — основные элементы и параметры зубчатой передачи

ного косозубого колеса с зубьями специальной формы (вогнутыми по длине) и червяка — винта с трапецеидальной 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 изготовляют новый червяк, который сцепляют с работавшим с ним в паре колесом. Однако в точных передачах заменяют новыми и червяк, и колесо.

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 *3*, охватывающую две сидящие на валах зубчатые звездочки — ведущую *1* и ведомую *2*. Цепь в отли-

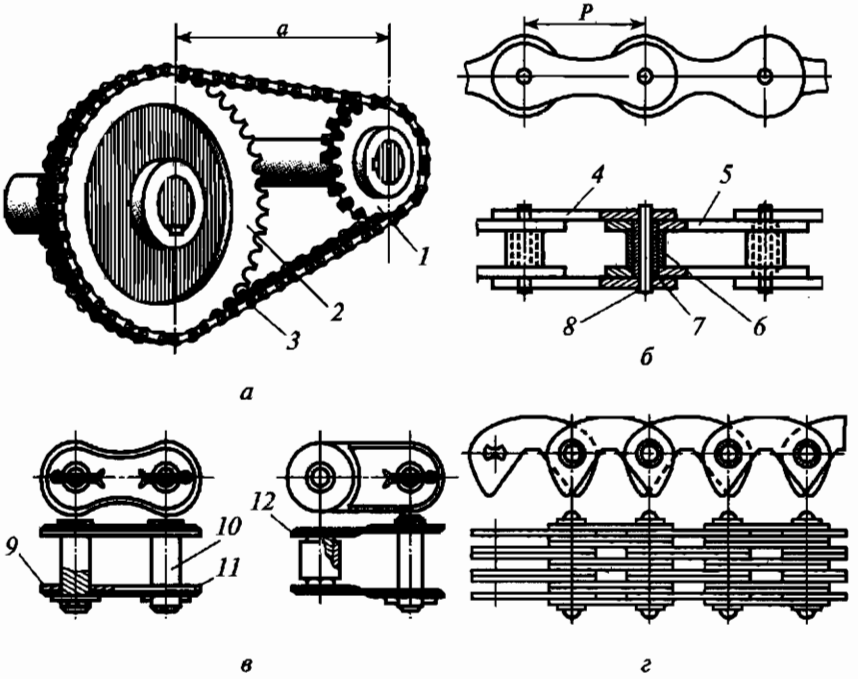


Рис. 79. Цепные передачи:

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 пластинки роликовой цепи; *6* — ролик; *7* — втулка; *8* — ось; *9* и *10* — валики замка; *11* и *12* — соединительная и изогнутая пластинки; *a* — расстояние между осями валов; *P* — шаг звена цепи

чие от ремня не проскальзывает; кроме того, ее можно применять в передачах и при малом расстоянии a между осями валов, и со значительным передаточным числом.

Передаточное число цепной передачи определяют как отношение чисел зубьев ведущей и ведомой звездочек:

$$i_{1-2} = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

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 пластинки *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 соскакивает со звездочек и происходит обрыв пластинок, излом осей.

Ремонт цепных передач обычно заключается в замене дефектных звездочек или цепей на новые. В некоторых случаях звездочки диаметром свыше 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 изготовляют несколько новых пластин и осей. Звездочки при ремонте обычно изготовляют из сталей 45 и 50, а также цементируемых сталей 15, 20 и 20Х, подвергая последующей закалке.

7.8. 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 *1*, 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 изготовляют из среднеуглеродистых (марок 45 и 50) или инструментальных (У10 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

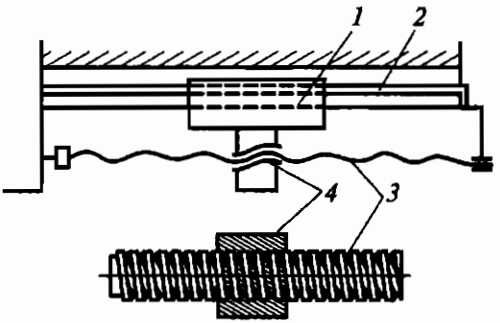


Рис. 80. Передача «винт — гайка»:
1 — ползун; *2* — направляющие; *3* — винт; *4* — гайка

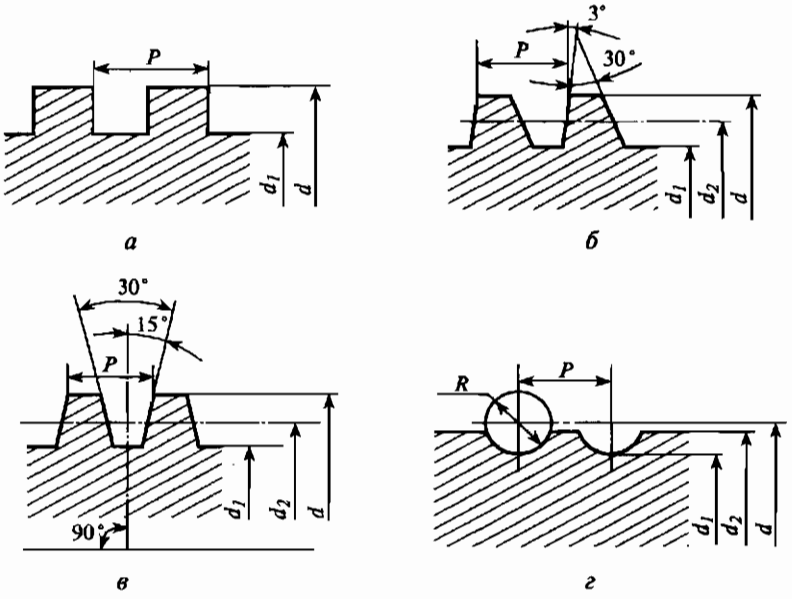


Рис. 81. Винтовые резьбы различных профилей в передачах «винт — гайка» скольжения (ВГС) и «винт — гайка» качения (ВГК):

а — прямоугольная; *б* — трапецеидальная; *в* — упорная; *г* — полукруглая; d, d_1 и d_2 — соответственно наружный, средний и внутренний диаметры резьбы; P — шаг резьбы; R —радиус шариков качения

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 трапецеидальной (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 трапецеидальная 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.

Ремонт ходовых винтов. В ходовых винтах, имеющих трапецеидальную или прямоугольную резьбу, после длительной работы изнашиваются резьбовые опорные цилиндрические поверхности. Изношенные ходовые винты с трапецеидальной 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 центровые гнезда винта восстанавливают на токарных станках, подрезая его торцы.

Изношенную трапецеидальную 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

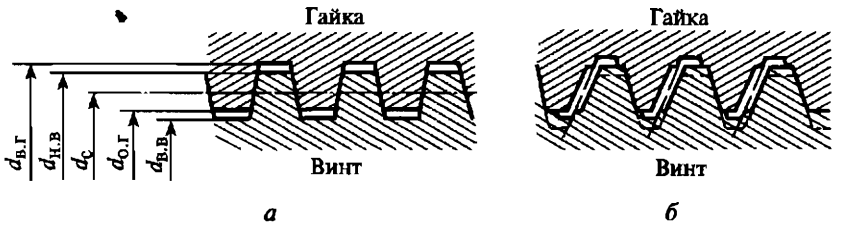


Рис. 82. Схема ремонта трапецеидального резьбового соединения:

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

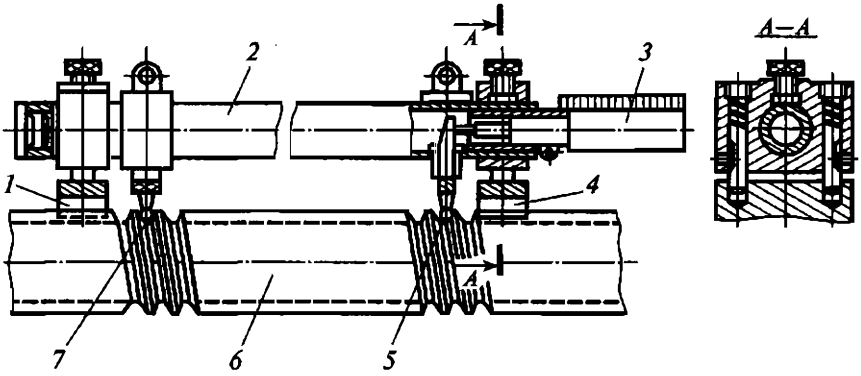


Рис. 83. Приспособление для контроля точности шага ходового винта:
1 и *4* — призмы; *2* — балочка; *3* — индикатор; *5* и *7* — шаровые наконечники; *6* — ходовой винт

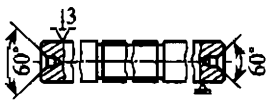
них напрессовывают или устанавливают на клей тонкостенные компенсирующие втулки. Некоторые винты, изношенные на небольшой длине, можно повернуть на 180° и произвести при этом соответствующую проточку шеек, а при необходимости установить переходные втулки.

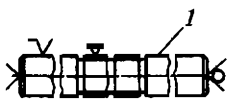
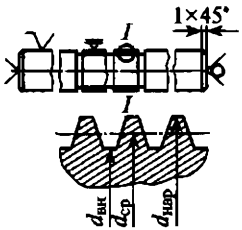
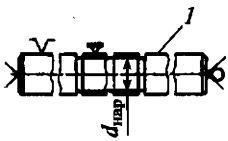
Отремонтированный ходовой винт необходимо проверить на точность шага специальным приспособлением (рис. 83). Для контроля приспособление устанавливают на винт призмами *1* и *4* и располагают шаровые наконечники *5* и *7* (сменные), закрепленные на ножках так, чтобы они поместились между витками резьбы ходового винта *6* на расстоянии 8...10 ее шагов; это положение 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.

Таблица 32

Маршрутный технологический процесс ремонта ходового винта

Операция	Эскиз операции	Содержание операции
005		*Токарная* Установить винт в патроне и закрепить; править центровые отверстия с переустановкой детали
010		*Контроль*

Операция	Эскиз операции	Содержание операции
015		*Правка* Установить винт и закрепить в центрах токарно-винторезного станка; править ходовой винт с применением винтовой скобы; проверить биение наружного диаметра согласно ТУ чертежа
020		*Контроль*
025		*Токарная* Установить и закрепить винт в центрах токарно-винторезного станка; обточить поверхность *1*, сопрягающуюся с задним кронштейном, до вывода следов износа, но не менее 0,3 мм на сторону. Шероховатость поверхности $\overset{1,25}{\nabla}$
030		*Контроль*
035		*Осталивание* Осталить поверхность *1* до размера по чертежу плюс припуск на механическую обработку, равный 0,5 мм на сторону
040		*Токарная* Обточить осталенную поверхность до размера по чертежу с припуском 0,3 мм на сторону под шлифовку; выполнить фаску 1×45°; обточить наружный диаметр резьбы $d_{нар}$ до ближайшего ремонтного размера с припуском под шлифовку 0,3 мм на сторону
045		*Шлифовальная* Установить и закрепить винт; шлифовать поверхность *1;* шлифовать наружный диаметр резьбовой части до ремонтного размера; шероховатость поверхности $\overset{12,5}{\nabla}$
050		*Контроль*

Операция	Эскиз операции	Содержание операции
055		*Токарная* Установить и закрепить винт на токарно-винторезном станке; прорезать резьбу ходового винта до ближайшего ремонтного размера; зачистить заход и выход резьбы
060		*Контроль*

Примечание. Маточную гайку изготовить заново по ремонтному размеру резьбы винта.

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. Положение 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.

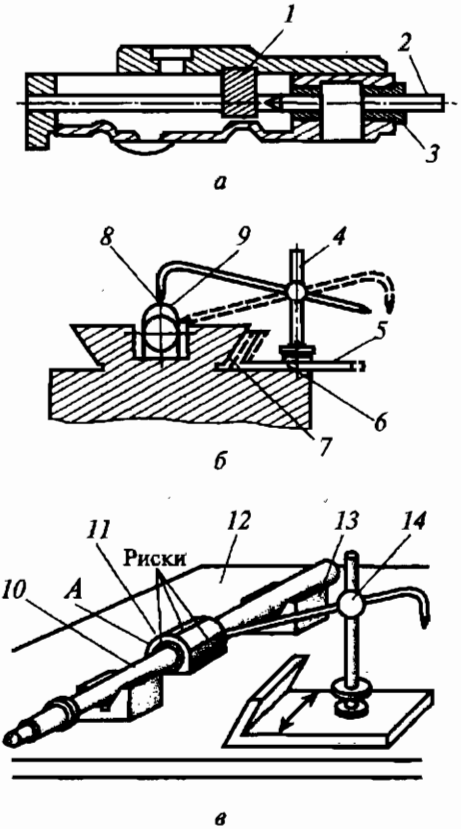


Рис. 84. Схема разметки гайки винта:

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; *6* и *7* — базовые поверхности; *8* и *9* — верхняя и боковая риски; *10* — винт; *11* — гайка; *12* — контрольная плита; *13* — призмы

7.9. 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

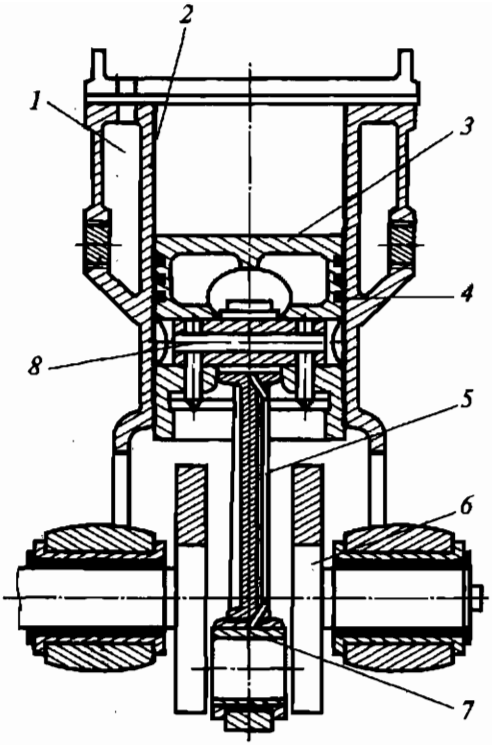


Рис. 85. Детали поршневой группы:

1 — рубашка; *2* — внутренняя втулка цилиндра; *3* — поршень; *4* — поршневые кольца; *5* — шатун; *6* — коленчатый вал; *7* — вкладыш; *8* — поршневой палец

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 время простоя машин 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.

Ремонт цилиндров. 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...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 *Ra* 0,4.

Ремонт поршней. У поршней (рис. 86) в результате эксплуатации изнашиваются канавки *2* и отверстия *1* 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.

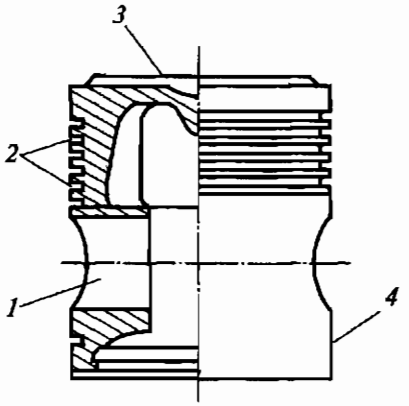


Рис. 86. Схема ремонта поршня: *1* — отверстие для пальца; *2* — канавки; *3* — днище; *4* — цилиндрическая поверхность (юбка)

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 изношенные 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 изготовляют 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-

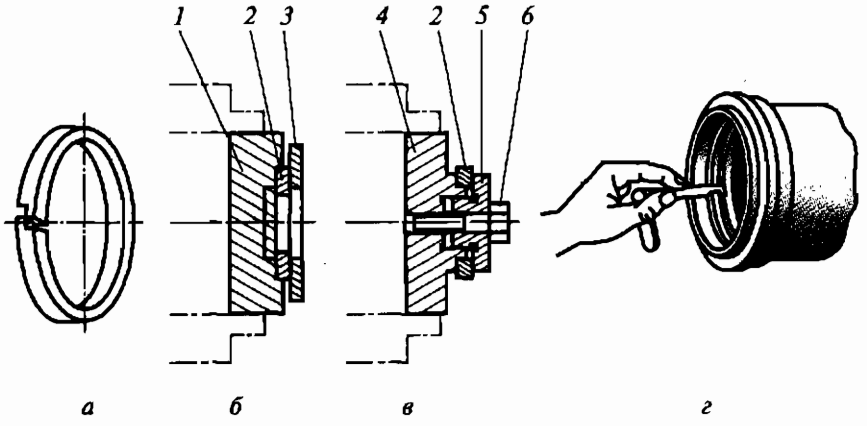


Рис. 87. Схема ремонта поршневого кольца:

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

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.

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 одина-

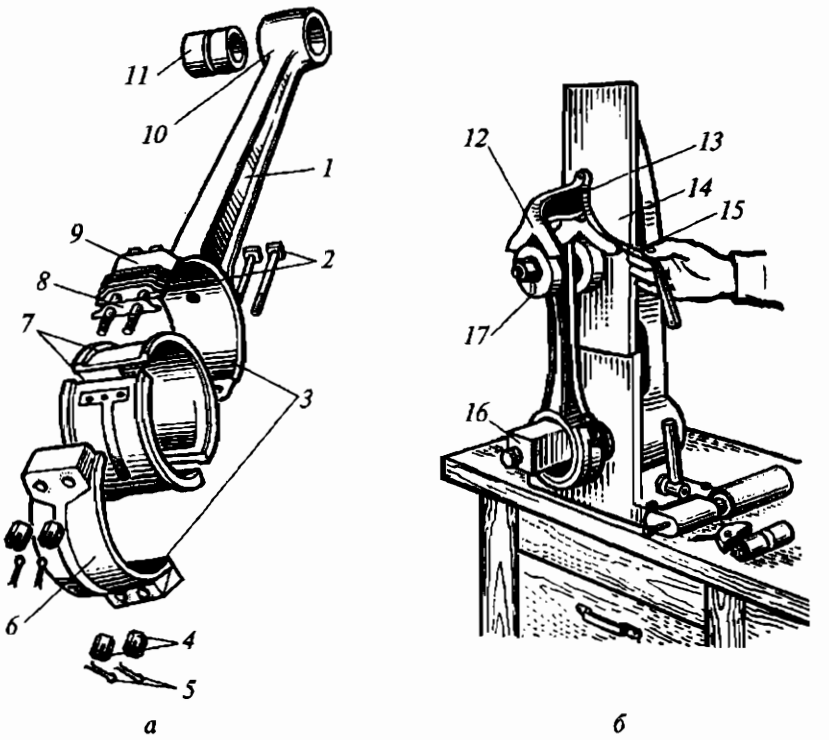


Рис. 88. Комплект деталей шатуна (*а*) и приспособление для проверки шатуна на изгиб и скручивание (*б*):

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

ковы. 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 надевают шатун нижней головкой на оправку *16*. На цилиндрические выступы оправки *17* устанавливают призму *12*, имеющую три опор-

ные 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 несильно, его выправляют 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 изготовляют новую втулку *11*.

7.10. Ремонт деталей кулисного механизма

Кулисные механизмы широко применяют в промышленном оборудовании, например в поперечно-строгальных и долбежных 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 ка-

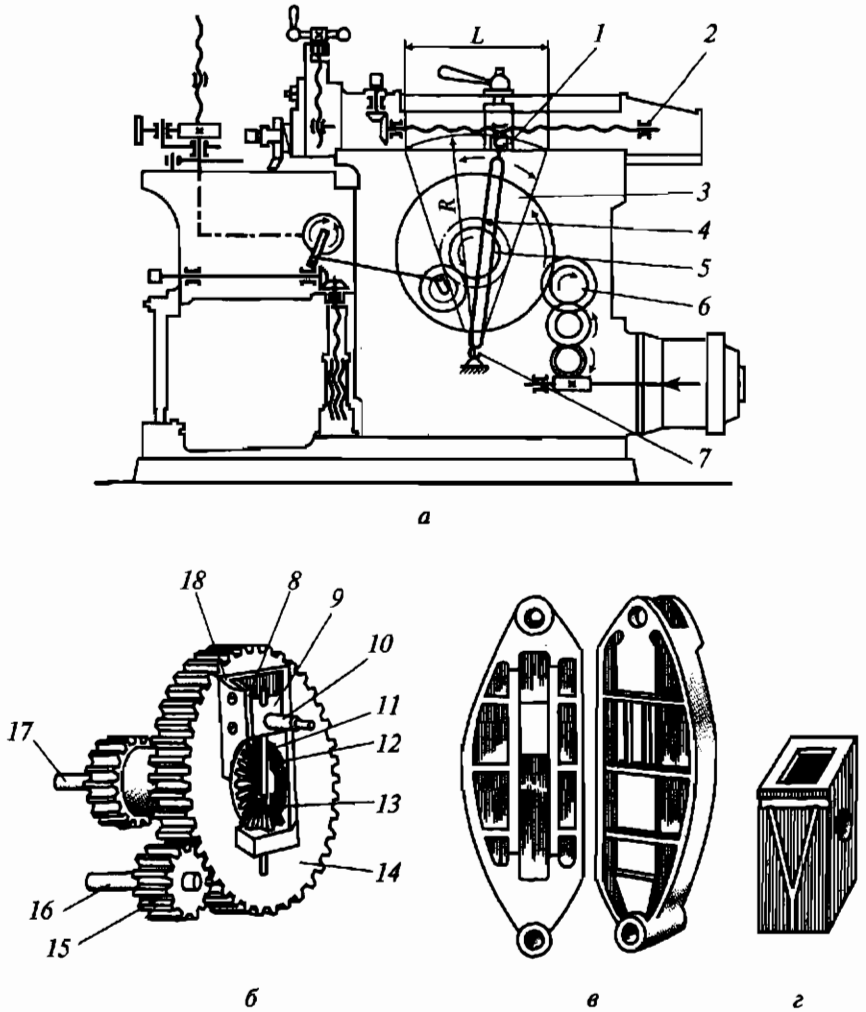


Рис. 89. Схемы кулисного механизма (*а*), механизма регулирования и установки кулисного камня (*б*) и общий вид кулисы (*в*) и кулисного камня (*г*):
1 и *7* — серьги; *2* — ползун; *3* и *14* — зубчатые колеса; *4* — кулисный камень; *5* — кулиса; *6* и *15* — шестерни; *8* — клин; *9* — ползунок; *10*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

мень устанавливают на оси *10* и закрепляют на ней. Когда рукоятка, надетой на вал *17*, вращают его в ту или другую сторону, ползунок *9* вместе с кулисным камнем перемещается винтом *11* либо к центру колеса, либо от него. В необходимом месте ползунок с камнем останавливают и фиксируют, закрепляя вал *17*.

Ремонт. 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.

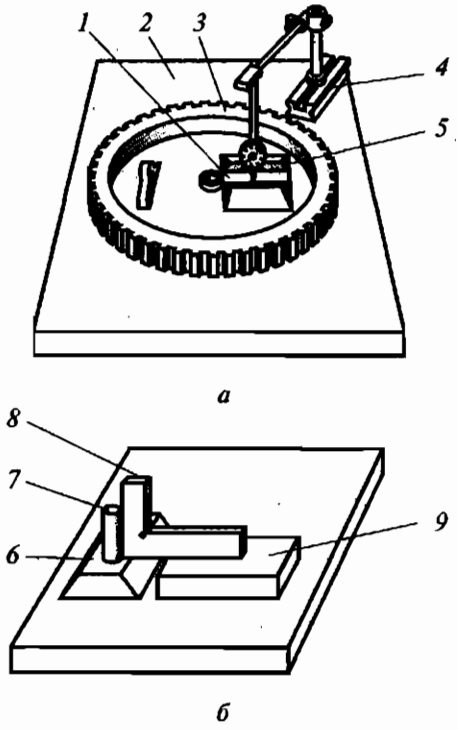


Рис. 90. Приспособления для контроля ремонта кулисного зубчатого колеса (*а*) и ползушки (*б*):

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

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 плите 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 изготовляют заново. Ползушка должна перемещаться по направляющим кулисного зубчатого колеса без качания.

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 радиально-упорных 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?

Глава 8

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

8.1. 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 продольно-строгальных, 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 радиально-упорных 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 *9*, соединяется с валиком *4* кулачковой муфтой *3*. Валик *7* связан со шпинделем шлицевым соединением.

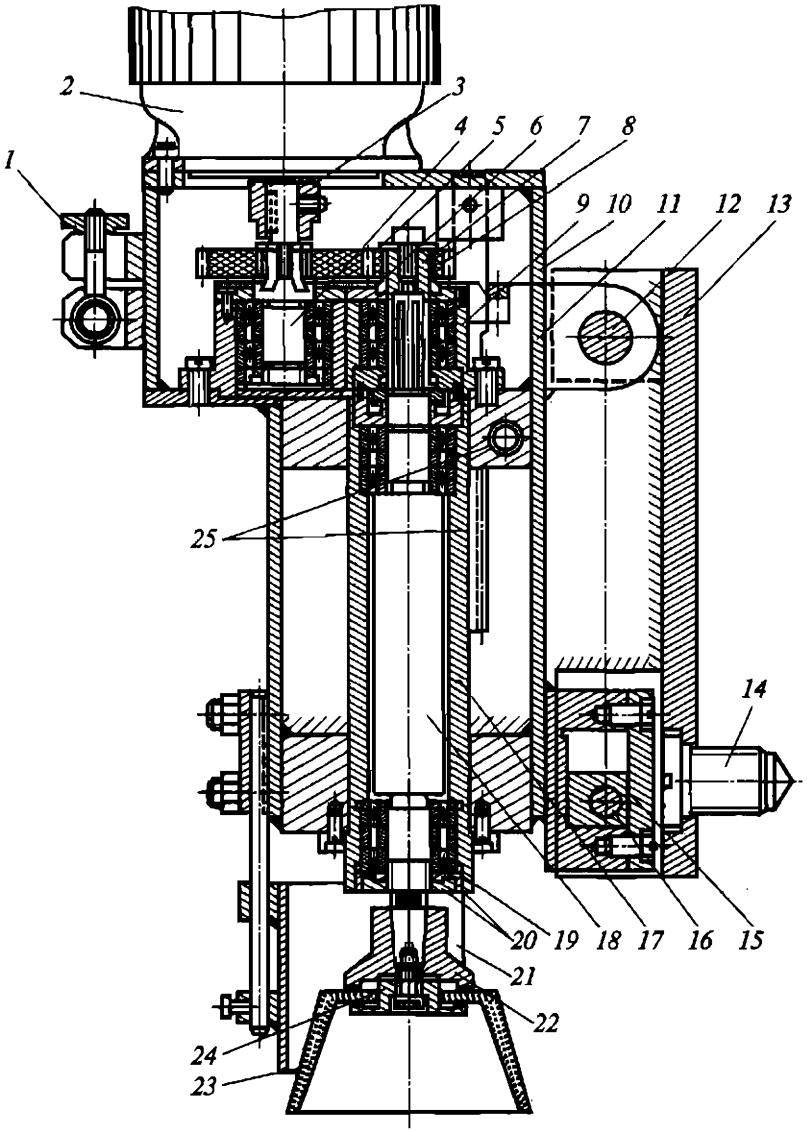


Рис. 91. Стационарное приспособление для восстановления направляющих шлифованием или фрезерованием:

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...3° 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 попереч-

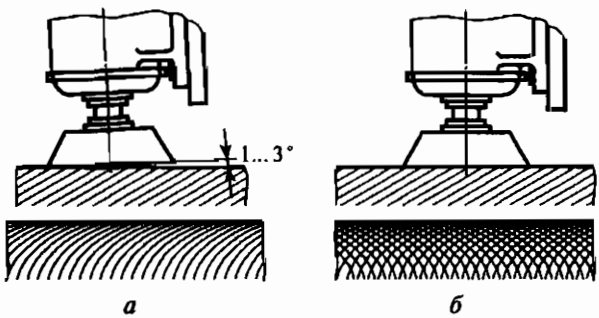


Рис. 92. Схема шлифования торцом круга:
а — с уклоном; *б* — без уклона

ном 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*).

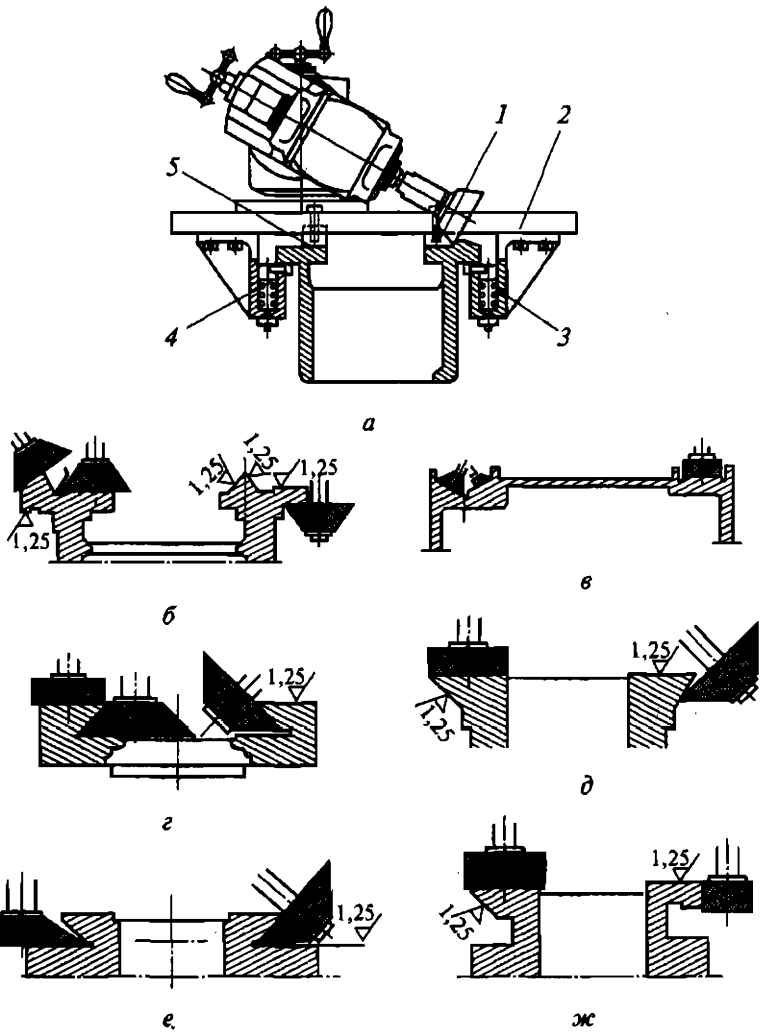


Рис. 93. Переносное приспособление (*а*) для ремонта станин токарного (*б*) и продольно-строгального (*в*) станков, а также шлифования направляющих типа «ласточкин хвост» (*г*—*е*) и комбинированной формы (*ж*):

1 и *5* — сменные направляющие; *2* — плита; *3* и *4* — шарикоподшипники

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.

8.2. Переносные приспособления для восстановления направляющих

Переносные приспособления рекомендуется использовать при ремонте направляющих станин длиной более 3 м, шаботов большой массы и других нетранспортабельных узлов и деталей. Их применяют на месте нахождения ремонтируемых сборочных единиц, часто без снятия последних с фундамента. Особенностью переносных приспособлений является то, что точность обработки ими направляющих прежде всего зависит от точности установочной базы приспособлений. В связи с этим сначала добиваются требуемой точности базовых поверхностей, в качестве которых на токарном станке обычно выбирают малоизнашивающиеся направляющие для задней бабки, относительно легко восстанавливаемые шабрением. Продольная подача в переносных приспособлениях осуществляется с помощью винтов, втулочных или роликовых цепей.

Приспособление для шлифования направляющих станин. Плиту *4* переносного приспособления для шлифования направляющих станин (см. рис. 93, *а*) с двумя ее сменными направляющими *1* и *5*,

которые крепятся к ней винтами, устанавливают на токарном станке — на пришабренных направляющих для задней бабки. Последние могут иметь любую форму, допускаемую набором сменных направляющих приспособления. В нижней части плиты *4* смонтированы подпружиненные упоры с шарикоподшипниками *4* и *5*, выполняющими роль катков. Приспособление перемещают вдоль станины вручную. При шлифовании крупных станин можно применять цепную передачу.

На верхней части плиты смонтировано все приспособление, основными частями которого являются вертикальная стойка с механизмами вертикального и горизонтального перемещения шпиндельной головки, суппорт с устройством для установки шпинделя под различными углами и шпиндельная головка, которую используют стационарно на продольно-строгальных станках и переносных устройствах при ремонте станин на месте эксплуатации. Головка переносного приспособления (рис. 94) состоит из шпинделя *28*, вмонтированного в гильзу *5* на четырех радиально-упорных шарикоподшипниках *4* серии 36209, электродвигателя АОЛ2-31-2 (2800 об/мин; 3 кВт), кронштейна *27*, основания *26*, сменных головок *17* и *19*, гайки *18* и заправочного устройства с

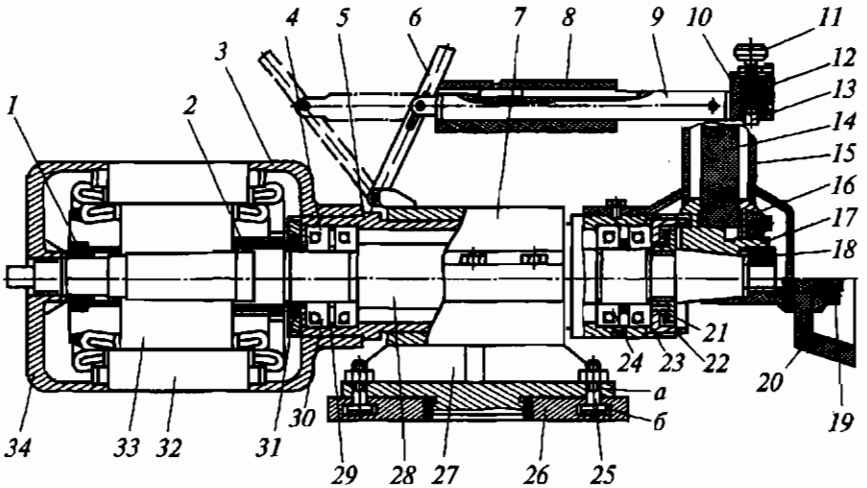


Рис. 94. Головка переносного приспособления:

1, *2*, *18*, *21* и *22* — гайки; *3* — фланец; *4* — шарикоподшипник; *5* и *10* — гильзы; *6* — рычаг; *7* и *34* — крышки; *8* и *27* — кронштейны; *9* — стержень; *11* и *25* — винты; *12* — корпус заправочного устройства; *13* — алмазный карандаш; *14* и *20* — абразивные круги; *15* — кожухи; *16* — грузик для балансировки; *17* и *19* — сменные головки; *23*, *24*, *29* и *30* — дистанционные кольца; *26* — основание; *28* — шпиндель; *31* — кольцо; *32* — статор; *33* — ротор

корпусом *12*. Передние подшипники закреплены на шпинделе и в гильзе лабиринтовыми гайками *21* и *22*, а задние — гайкой *2* через кольцо *31* (гайка *2* служит также для демонтажа ротора электродвигателя). Предварительный натяг подшипников осуществляется за счет разности высот дистанционных колец *29*, *30* и *23*, *24*.

Корпус электродвигателя закреплен на гильзе *5* специальным фланцем *3*. При изготовлении приспособления используют имеющиеся на двигателе корпус со статором *32* и крышку *34;* ротор *33* растачивают соответственно конусному хвостовику шпинделя *28* и закрепляют на нем гайкой *1*. Гильза со шпинделем установлена в кронштейне *27* и закреплена крышкой *7*, к которой приварены ушко для рычага *6* и кронштейн *8* для стержня *9* с закрепленным на его конце заправочным устройством. В корпусе *12* заправочного устройства находятся гильза *10* с алмазным карандашом *13*, перемещаемые винтом *11*. На передний конический хвостовик шпинделя насажена головка *17* с грузиками *16* для балансировки абразивного круга *14*. Головка закреплена гайкой *18* с наружной правой и внутренней левой резьбами. Вместо головки *17* можно насаживать головку *19* с абразивным кругом *20* чашечной формы.

При использовании приспособления на продольно-строгальном станке основание *26* крепят четырьмя винтами к вертикальной плоскости поворотного суппорта станка (вместо откидного резцедержателя). Суппорт устанавливают в нулевое положение и выверяют положение шпинделя по круговой шкале, имеющей 360 делений, нанесенных на поверхность *б* основания *26*, и кожуху на поверхности *а* кронштейна *27*. Шпиндель устанавливают на нижний угол поворотом кронштейна *27* по шкале на основании *26*; закрепляют кронштейн *27* винтами *25*.

Приспособление оснащено сменными защитными кожухами *15*, которые можно поворачивать вокруг оси шпинделя и фиксировать винтами в проточке гильзы. Для пользования заправочным устройством кожух устанавливают прорезью против алмазного карандаша *13*. При шлифовании заправочное устройство отводят в крайнее левое положение. Габаритные размеры приспособления 700 × 400 × 350 мм; масса 70 кг; наибольший диаметр абразивного круга 300 мм.

При шлифовании направляющих с применением приспособления пользуются следующими режимами резания:

при шлифовании периферией абразивного круга скорость резания 30...35 м/с, подача 12...15 м/мин, глубина резания 0,01...0,02 мм;

при шлифовании торцом чашечного круга скорость резания 18...20 м/с, подача 6...7 м/мин, глубина резания до 15 мкм.

Указанные режимы обеспечивают шероховатость поверхности *Ra* 0,32...1,25. Необходимость в последующей слесарной обработке шабрением, как правило, исключается.

Приспособление для ремонта направляющих кареток суппортов. Это приспособление предназначено для установки кареток токарно-винторезных станков разных типов и размеров при обработке их поперечных направляющих чистовым строганием, шлифованием или скоростным чистовым финишным фрезерованием. Двухступенчатое основание *7* приспособления (рис. 95) — облегченной конструкции с пазами и ребрами жесткости. В трех пазах нижней его ступени, изготовленной из серого чугуна, установлены три домкрата, состоящие из подвижных опор с винтами *11* и регулировочными гайками *10*. В среднем пазу также подвижно установлено зажимное устройство, которое состоит из болта, ввинченного в подвижную гайку, и упорного винта с подпятником и клеммой. На нижней ступени основания неподвижно закреплена верхняя ступень, представляющая собой каленую опорную площадку с тремя Т-образными пазами *9*, в каждом из которых подвижно размещены гайки с винтами.

При использовании приспособление устанавливают на столе станка и размещают на нем подлежащую обработке каретку, поверхность *6* которой (для крепления фартука) базируется на верхнюю опорную площадку и закрепляется на ней винтами и гайками через отверстия *8* каретки, предназначенные для крепления фартука и совпадающие с одним или двумя пазами опорной пло-

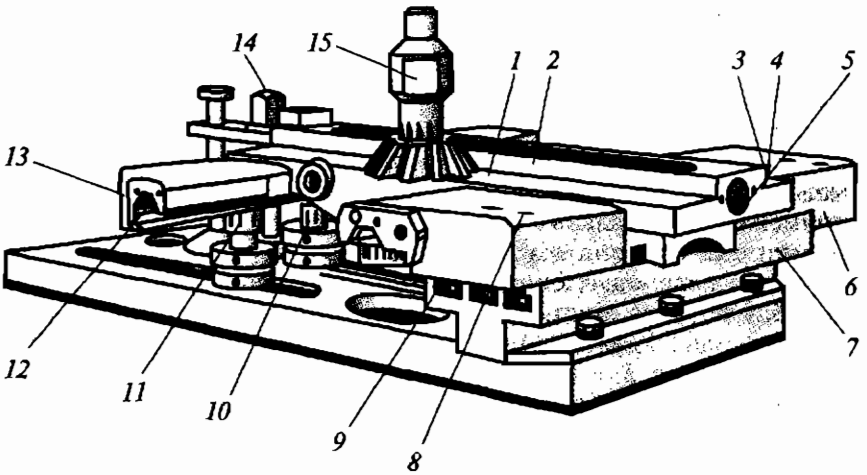


Рис. 95. Приспособление для ремонта направляющих кареток суппортов с установленной кареткой:

1... 4 — направляющие каретки; *5* и *8* — отверстия; *6*, *12* и *13* — поверхности каретки; *7* — основание; *9* — Т-образный паз; *10* — гайка; *11* — винт; *14* — зажимное устройство; *15* — фреза

щадки. Под поверхность *12* подводят подвижные домкраты и регулируют их гайками *10* так, чтобы обеспечить легкий подпор для исключения деформации каретки при закреплении ее зажимным устройством *14*. С помощью индикатора (на рисунке не показан) выверяют поверхность *13* закрепленной каретки — она должна быть расположена параллельно движению стола в поперечном направлении (допускается отклонение до 0,03 мм по всей длине). Эту выверку можно осуществить по контрольной оправке, которую устанавливают в отверстие *5* каретки. После этого приспособление закрепляют на столе станка с помощью зажимного устройства и винтов с гайками.

Поперечные направляющие типа «ласточкин хвост» рекомендуется обрабатывать скоростным фрезерованием специальной угловой фрезой *15* с режущими пластинками из твердого сплава (скорость резания 4...5 м/с; подача 300 мм/мин). Сначала за один или два рабочих хода обрабатывают одновременно поверхности направляющих *1* и *2*, затем *3* и *4* (или наоборот). Достигаемая точность обработки находится в пределах 0,01...0,03 мм, а шероховатость поверхностей *Ra* 1,25. Поперечные направляющие после обработки взаимно параллельны, а также параллельны оси отверстия *8* и поверхности с пазами *9*.

Применение рассмотренного приспособления позволяет значительно сократить трудоемкость восстановления изношенных направляющих кареток, а также исключает необходимость изготовления и применения контрольных оправок, обычно устанавливаемых в отверстие *5* для восстановления параллельности направляющих оси винта. На установку приспособления и каретки затрачивают 10...15 мин и примерно столько же — на обработку поверхностей.

Приспособление для ремонта рабочих поверхностей шаботов молотов. При ремонте крупных шаботов на месте их эксплуатации применяют специальные механизированные приспособления, одно из которых показано на рис. 96. Фрезерная головка *10* приспособления перемещается по траверсе *8* электродвигателем *6* через коробку подач *5* и винт *7* с гайкой. Головку вместе с траверсой можно устанавливать под углом к вертикальной плоскости (вдоль направляющих *1* — рельсов) с помощью салазок *4*, скользящих по сферической поверхности опор *3*. Кроме того, траверса может быть повернута под углом и в горизонтальной плоскости, так как соединена с салазками *4* круглыми цапфами. Траверсу с опорами *3* перемещают по направляющим *1* вручную с помощью реечного зацепления *11*.

Монтаж и наладку приспособления начинают с крепления к шаботу планок *12*. Для этого в шаботе выполняют резьбовые отверстия и крепят болтами планки, к которым прикрепляют кронштейны *13* с находящимися в них винтами *14*, выполненными

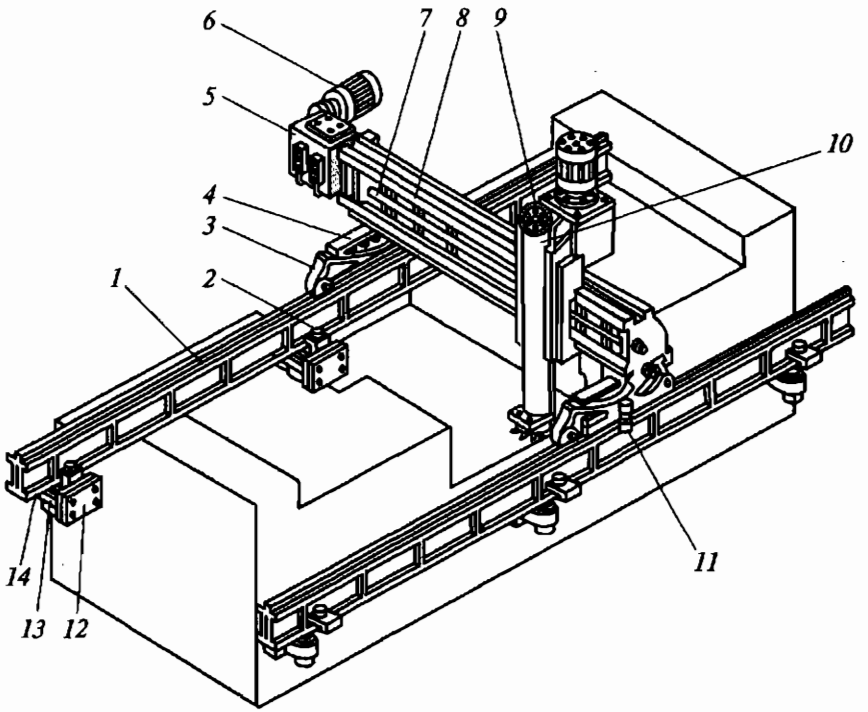


Рис. 96. Приспособление для ремонта рабочих поверхностей шаботов молотов:

1 — направляющие; *2* и *12* — планки; *3* — опора; *4* — салазки; *5* — коробка подач; *6* — электродвигатель; *7* и *14* — винты; *8* — траверса; *9* — маховик; *10* — фрезерная головка; *11* — реечное зацепление; *13* — кронштейн

заодно с опорами. На опоры укладывают направляющие *1*, положение которых выверяют винтами *14* по уровню, и закрепляют планками *12*. Приспособление устанавливают на направляющие и выверяют на параллельность его перемещения поверхностям, подлежащим обработке, и по уровню.

Приспособление, работающее торцовой фрезой, позволяет обрабатывать горизонтальные, вертикальные и наклонные поверхности шабота. Для подачи фрезы служит маховик *9*. Обработку поверхностей выполняют частями (полосами), соответствующими диаметру или ширине фрезы. После завершения первого рабочего хода приспособление перемещают с помощью реечного зацепления *11* и затем обрабатывают следующую полосу поверхности. Вертикальные и наклонные поверхности обрабатывают радиальными фрезами.

8.3. Контроль точности ремонтных операций

Большое значение для повышения качества технического обслуживания и ремонта имеет контроль отклонений деталей и сборочных единиц оборудования от геометрических форм. От точности показателей прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности, параллельности поверхностей, перекосов направляющих, круглости и соосности отверстий цапф, осей и других элементов зависят как точность движения рабочих органов станка совместно с заготовкой и инструментом, так и точность формы, постоянство размеров и соответствие шероховатости поверхности обработанного изделия заданной. В результате измерения направляющих определяют действительную их форму на любых стадиях ремонта или монтажа; эта операция является неотъемлемой частью технологического процесса.

Методы и средства измерения прямолинейности, используемые при ремонте, разделяют на две основные группы:

1) предназначенные для измерения линейных величин, определяющих положения конкретных площадок поверхности направляющей относительно исходной прямой линии;

2) предназначенные для измерения угловых величин (в том числе перпендикулярности), определяющих углы наклона отдельных участков направляющей, ограниченных элементарными площадками, относительно исходной прямой линии.

Практически исходной прямой может служить контрольная линейка, струна, линия визирования. Точность отремонтированного станка зависит в основном от восстановления геометрической точности базовых деталей и их взаимного расположения. Проверка точности обеспечивается гидростатическими, оптическими, механическими и другими измерительными инструментами, объединенными с различными приспособлениями, расширяющими возможности их использования. Применение измерительных инструментов позволяет ремонтникам вести работы так, чтобы при сборке станка достигалась точность, соответствующая техническим условиям без дополнительных доводочных работ.

Уровень при ремонте станков является одним из самых необходимых и важных инструментов. Наличие точного уровня значительно упрощает ремонт и проверку станков. Применяют в основном брусковые и рамные уровни. Основной частью уровня являются заключенные в жесткий корпус в продольном и поперечном направлениях ампулы, заполненные эфиром или этиловым спиртом. При заполнении ампул внутри них оставляют маленький пузырек воздуха. Внутренняя полость ампулы отшлифована по радиусу большего размера, поэтому пузырек воздуха находится в верхней части. Если корпус уровня вместе с ампулой перевернуть, то жидкость как бы перельется в ампуле, а пузырек воздуха опять займет верх-

нее положение, являясь подвижным указателем шкалы. Наклон 0,01 мм на 1 м длины соответствует углу, равному 0°2′.

Уровни бывают разной чувствительности, поэтому при работе выбирают такой, которым можно обеспечить заданную точность. Нецелесообразно использовать уровень большей точности, чем необходимо, так как он требует более бережного обращения и большего времени на измерения. При ремонте промышленного оборудования, в частности металлорежущих станков, применяют уровни с ценой деления 0,02...0,05 мм на 1 м длины.

При измерении уровнем возможны неточности, и задача заключается в том, чтобы уменьшить их до минимума. Поэтому, производя точные измерения, учитывают и по возможности устраняют влияние на уровень и проверяемую деталь возможного неравномерного нагрева. Не разрешается между измерениями долго держать уровень в руках, дышать на ампулу, допускать прямое попадание солнечных лучей, измерять нагретую деталь и т.д.

Чтение показаний уровня должно быть единообразным — или обоими глазами, или одним по вертикали над ампулой, или под одним и тем же небольшим углом. Уровень показывает отклонение от горизонтальности на длине 1000 мм, т.е. практически на поверхности, равной его длине. Чем короче уровень, тем менее точны измерения.

Для получения более точных результатов уровень устанавливают на специальные приспособления или линейки с опорами (платиками) на концах, расстояние между которыми равно 250, 500 или 1000 мм. Определение фактического показания уровня при расстоянии между опорами менее 1000 мм производится путем пересчета. Не допускается перемещать уровень непосредственно по проверяемой поверхности без специальных подставок, так как при этом изнашиваются точные поверхности уровня и, как следствие, искажаются результаты измерений. Проверку поверхности в различных точках следует производить только переустановкой уровня. Чтобы убедиться в исправности уровня, следует переустановить его на одном месте, повернув на 180° (изменение показания при этом не должно превышать ±1/4 деления шкалы).

Универсальный мостик, являющийся приспособлением для проверки прямолинейности, параллельности и перекоса направляющих станин (рис. 97), имеет основание Т-образной формы с корытообразными площадками *2* и *7*, базирующимися на шарах (на рисунке не показаны), а также стойку *9* с барашками *10* для регулирования положения и специальным зеркалом *1*, используемую при применении автоколлиматора. Приспособление базируется на пяти опорах с шарнирно соединенными подпятниками *4*, *5* и *6*, из которых два подпятника *6* регулируют по вертикали двумя резьбовыми колонками *8*, а два подпятника *5* можно передвигать в горизонтальном направлении по продольным пазам основания и зак-

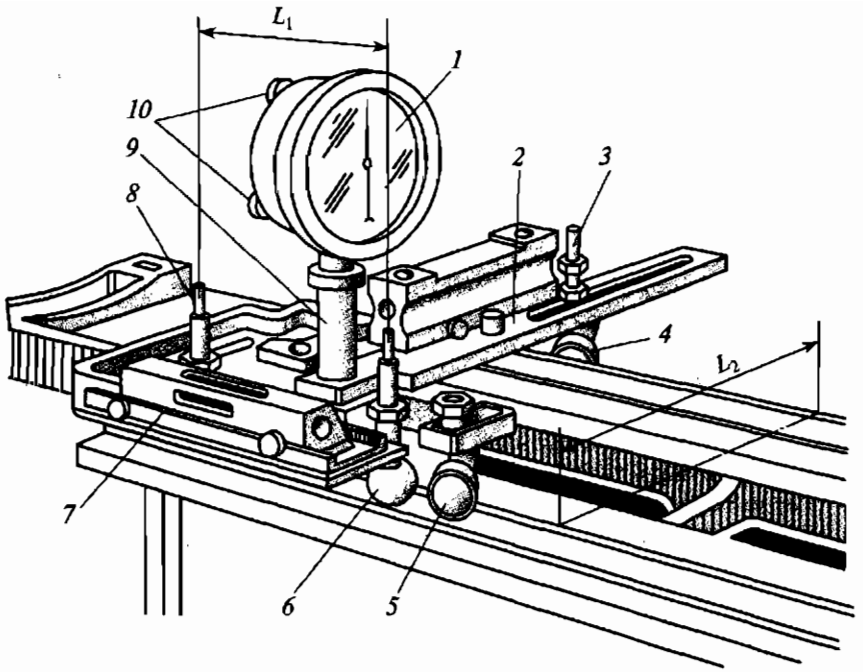


Рис. 97. Универсальный мостик:

1 — зеркало; *2* и *7* — корытообразные площадки; *3* и *8* — колонки; *4, 5 и 6* — подпятники; *9* — стойка; *10* — «барашки»

реплять в требуемом положении гайками (в зависимости от ширины направляющих). Подпятник *4* с колонкой *3* допускает горизонтальное и вертикальное перемещения. Приспособление устанавливают на различные по форме и размерам направляющие станков. На шарнирных площадках устанавливают два уровня с ценой деления продольных ампул 0,02 мм на длине 1000 мм и регулируют каждую площадку четырьмя винтами, устанавливая уровни горизонтально; контролируют эти положения по показаниям уровней в продольном и поперечном направлениях.

Использование приспособления дает возможность одновременно проверять прямолинейность и перекос направляющих с помощью уровней и параллельность — с помощью индикатора, закрепленного на основании приспособления (на рисунке не показан).

Порядок контроля прямолинейности направляющих мостиком и уровнями следующий:

1. Устанавливают мостик на контролируемые направляющие станины и регулируют положение подпятников по размеру L_1 так, чтобы четыре из них располагались на призматической части на-

правляющих. С помощью колонки *3* и подпятника *4*, установленного на противоположной направляющей, регулируют положение мостика по размеру L_2 в горизонтальной плоскости по уровню с допуском 0,5 мм.

2. Устанавливают уровни на корытообразных площадках *2* и *7*, закрепляют каждый четырьмя винтами и регулируют положение площадок так, чтобы пузырьки ампул уровней располагались посередине между шкалами. Сдвигают приспособление вдоль направляющих, возвратив его в первоначальное положение (при этом пузырьки ампул должны также вернуться в исходное положение; если этого не произойдет, необходимо проверить крепление колонок и подпятников).

3. Размечают направляющую на равные участки, соответствующие длине L_1, которая должна быть равной расстоянию между осями подпятников (в настоящем примере $L_1 = 250$ мм). Разметку производят от начала направляющих с любого конца, пометив штрихом и обозначив нулем место против оси первого (по направлению перемещения) подпятника мостика. Далее на каждом последующем участке (до конца направляющих) останавливают мостик так, чтобы задний опорный подпятник располагался на том месте, где находился передний подпятник предыдущего участка, а следующий штрих наносят напротив первого подпятника, обозначая его цифрой 1, и т.д.

4. Измеряют значения отклонений направляющих (по уровню, установленному вдоль направляющих, определяют отклонение от прямолинейности, а по уровню, установленному перпендикулярно им, — перекос поверхностей). Отклонения определяют при остановке мостика последовательно на размеченных участках и записывают показания в протокол измерений, соответствующих положениям пузырьков основных ампул уровней относительно делений шкал. (Следует отметить, что показания уровня, зафиксированные в иной последовательности, не могут полностью охарактеризовать форму направляющих.)

5. Строят график отклонения направляющих от прямолинейности.

При проверке направляющих станин разных профилей и размеров опоры универсального мостика располагают по-разному (рис. 98). Для контроля направляющих треугольного профиля (рис. 98, *а*), часто встречающихся у станин токарно-револьверных станков, четыре опоры *1* мостика (из них на рисунке видны только две) помещают на левой призматической направляющей, а опору *3* устанавливают на одной стороне правой направляющей. Перемещая приспособление вдоль направляющих, определяют по индикатору *5* параллельность нижней левой направляющей и направляющей, на которой базируется мостик. По уровню *2*, расположенному поперек направляющих, устанавливают их перекос, т.е. от-

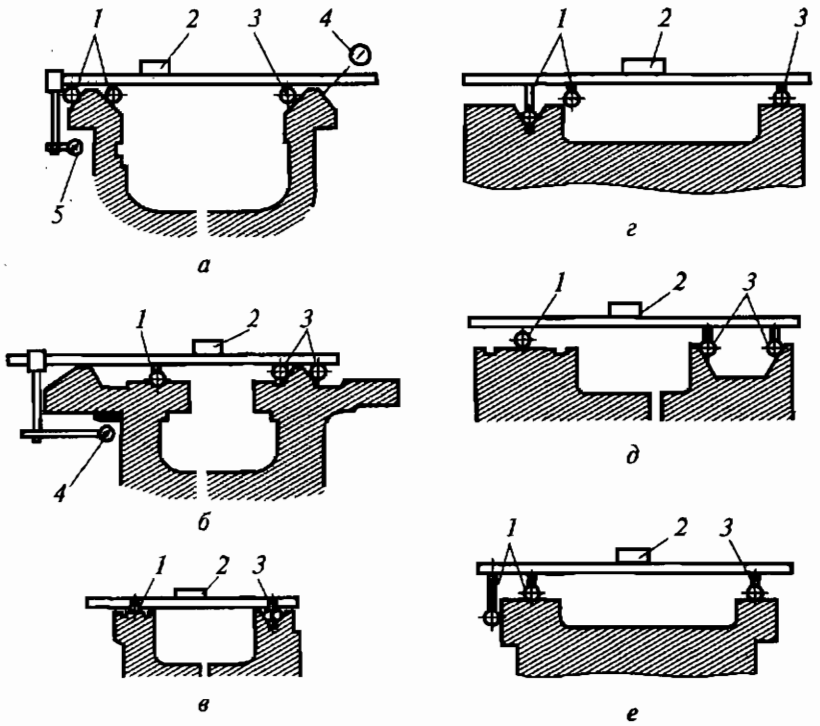


Рис. 98. Схемы установки универсального мостика для проверки направляющих:

а — треугольных; *б* — средних; *в*, *г* — в сочетании различных профилей; *д* — призматических; *е* — плоских; *1* и *3* — опоры; *2* — уровень; *4* и *5* — индикаторы

клонение от параллельности в горизонтальной плоскости. Вторую сторону правой направляющей можно проверить по уровню, установив на этой стороне опору *3*, или же, не перенося опоры, по индикатору *4*. Чтобы проверить прямолинейность поверхностей, располагают уровень на мостике вдоль направляющих. Перемещая мостик с уровнем по направляющим, останавливают его на проверяемых участках и снимают показания уровня.

Для проверки параллельности средних направляющих базовой поверхности (плоскости под зубчатую рейку, изображенной на рис. 98, *б* слева короткой жирной линией) и перекоса мостик устанавливают на станине токарного станка так, как показано на рис. 98, *б* (параллельность проверяют индикатором *4*, а перекос — уровнем *2*). Наружные направляющие проверяют или по уровню и индикатору после переналадки приспособления и его установки на этих направляющих, или только по индикатору, используя в качестве базы выверенные средние направляющие.

У станин шлифовальных и некоторых других станков часто встречается сочетание направляющих различных профилей (рис. 98, *в*, *г*). Чтобы проверить отклонения от прямолинейности и перекос, располагают четыре опоры *3* между образующими направляющей V-образного профиля, а одну опору *1* — на противоположной плоской направляющей (см. рис. 98, *в*). Проверку ведут по уровню *2*. Если размеры направляющих не позволяют поместить между их образующими все опоры приспособления (см. рис. 98, *г*), то устанавливают только две опоры *1*, а остальные не используют. На рис. 98, *д* показан случай такого применения мостика, при котором опоры *3* раздвинуты на значительное расстояние между поверхностями призматической направляющей станины.

При проверке плоских направляющих станины (рис. 98, *е*) особенность установки мостика заключается в том, что одна опора *1* упирается в боковую поверхность, а другая и опора *3* располагаются на горизонтальных плоскостях. Таким образом обеспечиваются устойчивые показания уровня *2*.

Применяя различные держатели для крепления индикатора, универсальным мостиком можно контролировать параллельность оси ходового винта направляющим станины токарного станка, а базовой плоскости для крепления коробки подач — кронштейну ходового винта.

Точность проверок универсальным мостиком зависит от точности уровня и индикатора. Настройка приспособления занимает не более 5 мин, причем она доступна даже слесарю средней квалификации, так как конструкция универсального мостика проста.

Контрольные вопросы

1. Какие приспособления для ремонта направляющих вы знаете?
2. Какие уровни применяют при ремонте оборудования?
3. Каков порядок контроля прямолинейности направляющих?

Глава 9

РЕМОНТ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

9.1. Организация планово-предупредительного ремонта и эксплуатации гидрофицированного оборудования

Практика эксплуатации гидрофицированного оборудования показала, что гидравлический привод требует иной системы организации ремонта, чем механический. Эксплуатация гидроприводов должна быть основана на профилактических мерах, так как надежность и долговечность их работы в большой степени зависят от содержания и ухода. На эффективность профилактических мер во многом влияют квалификация персонала ремонтных служб и организация эксплуатации гидрофицированного оборудования.

Текущий и капитальный ремонт гидроприводов станков на заводах проводят централизованно силами специализированных служб (бригады по ремонту гидроприводов, бюро или отделения гидроприводов при ремонтно-механических цехах). Эти службы осуществляют запуск и отладку вновь установленного гидрофицированного оборудования, выполняют аварийный ремонт, помогают цеховым ремонтным службам устранять наиболее сложные неисправности в гидросистемах станков. Обслуживание и текущий ремонт оборудования производят ремонтные службы механиков цехов (в сложных случаях — при участии работников специализированной службы).

Создание системы организации ремонта и обслуживания гидроприводов позволяет максимально уменьшить простои гидрофицированного оборудования, а также повысить качество ремонта за счет специализации ремонтного персонала, использования специального оборудования и инструмента, централизованного изготовления запасных деталей, узлов, резиновых уплотнений и пр.

Гидрооборудование целесообразно ремонтировать одновременно с механической частью станка согласно графику ППР, но так как гидропривод подвержен износу менее интенсивно, чем другие узлы станка, то ремонтный цикл его должен быть иным. При определении ремонтных циклов гидропривода необходимо учитывать, что различные его узлы имеют разную долговечность. Данные о сред-

ней продолжительности работы отдельных узлов и устройств гидросистем приведены в табл. 33.

Таблица 33

Продолжительность работы узлов и устройств гидросистем

Наименование узла (устройства)	Сроки службы, ч
Следящие распределительные устройства копировальных токарных полуавтоматов	1 000... 1 500
Резиновые уплотнители: поршней копировальных цилиндров подвижных соединений	 2 000... 2 500 4 000... 4 500
Следящие приводы, поршневые и лопастные гидромоторы, лопастные и шестеренчатые насосы	5 000... 6 000
Поршневые насосы	8 000... 10 000
Аппаратура управления и распределения копировальных систем	10 000... 12 000
Аппаратура управления и распределения общего назначения	12 000... 15 000
Аппаратура регулирования скорости	14 000... 15 000
Силовые цилиндры следящих систем	15 000... 16 000
Аппаратура контроля давления	16 000... 17 000
Силовые цилиндры общего назначения	32 000... 36 000

Из этих данных видно, что контрольно-регулирующая аппаратура общего назначения изнашивается после 3... 4 лет эксплуатации, лопастные и шестеренчатые насосы — после 1... 1,5 лет, цилиндры — после 8... 10 лет. Структура ремонтного цикла металлорежущих станков массой до 10 т:

$$К-ТР_1-ТР_2-ТР_3-ТР_4-ТР_5-ТР_6-ТР_7-К.$$

При трехмесячном межремонтном периоде первый текущий ремонт механической части станка должен проводиться после 1,5 лет его эксплуатации, второй — после трех лет, капитальный — после 4,5... 5 лет. С учетом средней долговечности работы гидравлического оборудования первый текущий ремонт гидропривода станка следует проводить примерно после трех лет эксплуатации,

т.е. при втором текущем ремонте механической части станка, второй текущий ремонт — после шести лет эксплуатации, капитальный — при втором капитальном ремонте механической части, т.е. примерно после девяти лет эксплуатации станка.

Таким образом, продолжительность ремонтного цикла гидропривода в 2 раза выше, чем для механической части станка. Структуру ремонтного цикла гидроприводов станков массой до 10 т можно записать так:

$$К-ТР_1-ТР_2-ТР_3-ТР_4-ТР_5-ТР_6-ТР_7-ТР_8-ТР_9-$$
$$-ТР_{10}-ТР_{11}-ТР_{12}-ТР_{13}-ТР_{14}-К.$$

В зависимости от долговечности гидропривода и структуры ремонтного цикла проводят осмотр, текущий или капитальный ремонт гидравлического оборудования. При осмотре проверяют правильность работы станка по заданному циклу, состояние рабочих органов, при необходимости осуществляют настройку и регулировку узлов. Кроме того, устраняют течь по соединениям трубопроводов, проверяют исправность фильтров, проводят их очистку, а при необходимости ремонт или замену новыми, а также проверяют давление масла в системе, при необходимости регулируют его согласно паспорту станка.

При текущем ремонте заменяют загрязненное масло, очищают баки, разбирают и проверяют лопастные и шестеренчатые насосы и гидромоторы, при необходимости проводят их ремонт; проверяют надежность уплотнения подвижных соединений резиновыми уплотнителями, при износе заменяют их, а также проверяют трубопровод, при наличии вмятин и перегибов заменяют его новым. Кроме того, при текущем ремонте ремонтируют все узлы гидропривода, за исключением гильз цилиндров. Для этого их разбирают, промывают и тщательно измеряют детали. При износе деталей и увеличении посадочных зазоров корпусные детали исправляют, плунжеры распределителей, дросселей и кранов заменяют новыми. После ремонта насосы и гидропанели испытывают на стендах.

В объем капитального ремонта входят все операции текущего ремонта и, кроме того, полный ремонт цилиндров, насосов и гидромоторов с испытанием их на стендах. Если корпусные детали исправить невозможно, то при капитальном ремонте их заменяют новыми.

9.2. Причины возникновения неисправностей в работе гидросистем и способы их устранения

Преимущества гидравлических приводов: большая компактность и малая металлоемкость, бесступенчатое регулирование скорости, плавное реверсирование, возможность передачи больших усилий,

самосмазываемость и высокая износостойкость механизмов, простота и удобство управления.

Недостатки: нарушение стабильности работы привода из-за температурных колебаний рабочей жидкости в процессе работы станка; невозможность точного соблюдения передаточного отношения при согласовании движений рабочих органов станка; необходимость применения специальных устройств для очистки и охлаждения рабочей жидкости.

В табл. 34 приведены встречающиеся неисправности гидропривода металлорежущих станков и способы их устранения.

Таблица 34

Дефекты гидропривода металлорежущих станков и способы их устранения

Дефект	Причина	Способ устранения
Насос не подает масло в гидросистему	Неправильное направление вращения вала насоса. Недостаточный уровень масла в баке. Засоренность всасывающей трубы. Подсос воздуха во всасывающей трубе. Поломка вала или ротора насоса. Высокая вязкость масла	Изменить направление вращения вала насоса. Долить масло до отметки маслоуказателя. Прочистить всасывающую трубу. Устранить подсос воздуха. Заменить насос. Заменить марку масла
Отсутствие требуемого давления в системе нагнетания	Насос не подает масло вследствие одной из указанных выше причин. Выработался насос (износ статорного кольца, лопаток и дисков лопастного насоса). Утечки из насоса по валу из-за износа сальниковых уплотнений. Поры и раковины в корпусе насоса.	См. выше. Проверить производительность насоса вхолостую и под нагрузкой; при резком снижении объемного КПД против нормального его значения заменить насос. Поставить новые уплотнения на валу насоса. Заменить корпус насоса.

Дефект	Причина	Способ устранения
Отсутствие требуемого давления в системе нагнетания	Большие утечки в трубопроводе.	Заглушить отверстия, соединяющие насос или предохранительный клапан с трубопроводом. Если давление появится, найти и устранить утечки в трубопроводе. Прежде всего следует подтянуть гайки в штуцерах. Если утечки остались, то следует разобрать соединение, убедиться, что забоины на нем отсутствуют и конец трубы хорошо прилегает к штуцеру, после чего хорошо затянуть соединение. Если обнаружится утечка из-за разрыва стенки трубы, то следует поставить новую или заварить шов и испытать под давлением.
	Большие утечки в цилиндрах.	При утечках через уплотняющие манжеты и поршневые кольца их следует заменить новыми. При окончательном износе цилиндра его следует заменить или произвести ремонт поршневой системы (расточить гильзу цилиндра, заменить поршень, кольца и т. п.).
	Золотник предохранительного клапана застрял в открытом положении по следующим причинам:	
	а) засорение демпфирующего отверстия;	Разобрать клапан и промыть золотник;
	б) утечка масла в золотнике или трубопроводе разгрузки насоса;	заглушить разгрузочное отверстие. Если давление увеличилось, то следует устранить утечку в системе разгрузки;

Продолжение табл. 34

Дефект	Причина	Способ устранения
Отсутствие требуемого давления в системе нагнетания	в) попадание посторонних предметов под шарик клапана; г) заедание направляющей шарика; д) ослабление пружины клапана. Недостаточное давление предохранительного клапана	снять и промыть шарик и седло; снять направляющую и проточить ее по диаметру; заменить пружину. Подтянуть предохранительный клапан (давление должно превышать рабочее давление в гидросистеме на 0,5 ... 1 МПа)
Шум в гидросистеме	Засорение всасывающей трубы или фильтра. Недостаточная пропускная способность фильтра. Подсос воздуха во всасывающей трубе или по валу насоса. Наличие воздуха в засасываемом масле. Засорение вентиляционного отверстия в баке. Заедание лопаток насоса. Ненадежное крепление корпуса насоса. Несоосность насоса и электродвигателя. Вибрация предохранительного клапана. Нежесткое закрепление трубопроводов	Прочистить всасывающую трубу. Заменить фильтр. Устранить подсос воздуха. Устранить попадание воздуха в масло. Прочистить вентиляционное отверстие. Отремонтировать насос. Надежно закрепить корпус насоса. Обеспечить соосную установку насоса и электродвигателя. Разобрать и проверить детали клапана. Прикрепить трубопроводы скобами к жестким частям
Неравномерное (с рывками) движение механизмов станка	Наличие воздуха в гидросистеме станка.	Проверить уровень масла и наличие пены в баке. Выпустить воздух из цилиндров, дав несколько полных ходов в обе стороны на максимальной скорости

Дефект	Причина	Способ устранения
Неравномерное (с рывками) движение механизмов станка	Перетянуты клинья или планки направляющих. Отсутствует или недостаточна смазка направляющих. Не выверен цилиндр по отношению к направляющим. Перекошены уплотнения штока цилиндра. Недостаточное давление в сливной полости цилиндра. Неравномерная подача масла лопастным насосом, шум и стук в насосе (заедание или поломка лопаток). Трение противовеса о стенки станины (вертикальные станки). Предохранительный клапан отрегулирован на давление, близкое к давлению рабочей подачи. Недостаточный уровень масла в резервуаре	Отрегулировать затяжку планок или клиньев. Обеспечить достаточную смазку направляющих. Выставить цилиндр параллельно направляющим. Отрегулировать затяжку уплотнений. Подтянуть пружину клапана. Заменить или отремонтировать насос. Отрегулировать положение противовеса. Отрегулировать предохранительный клапан на давление, превышающее давление подачи на 0,5 ... 1 МПа. Долить масло до отметки маслоуказателя
Отсутствует или слишком мала рабочая подача	Засорение фильтра перед дросселем. Засорение дросселя подачи. Ослабление пружины редукционного или дозирующего клапана	Снять и промыть фильтр. Прочистить дроссель. Проверить перепад давлений через дроссель (должен быть 0,15 ... 0,35 МПа), при необходимости заменить пружину
Скорость рабочей подачи уменьшается под нагрузкой	Повышенные утечки в уплотнениях поршня, трубопроводе, насосе.	См. выше

Окончание табл. 34

Дефект	Причина	Способ устранения
	Повышенные утечки в редукционном или дозирующем клапане	Притереть золотник клапана, промыть клапан
Уменьшение скорости рабочей подачи при неизменной нагрузке	Загрязненность масла. Засоренность фильтра. Засоренность щелей, дросселей и клапанов. Понижение вязкости масла при его нагревании. Повышенное давление в системе нагнетания	Заменить масло и тщательно промыть систему керосином. Прочистить фильтр. Прочистить щели. Заменить марку масла. Устранить причину перегревания. Перетянуты клинья или планки направляющих, отсутствует или недостаточная смазка направляющих
Повышенное нагревание масла в гидросистеме	Неисправность терморегулирующей аппаратуры (при наличии теплообменников). Недостаточный подвод охлаждающей воды	Отрегулировать или заменить терморегулирующее устройство. Обеспечить достаточный подвод охлаждающей воды

9.3. Ремонт пластинчатых насосов

Пластинчатые насосы могут быть различных типоразмеров, регулируемыми и нерегулируемыми, одно- и двухпоточными. Отличаются они также объемной подачей (от 5 до 200 л/мин) и давлением (от 5 до 12,5 МПа). Пластинчатый насос представляет собой корпус, в котором имеются приводной вал с подшипниками, распределительные диски *1* и *7* (рис. 99), статор *9* и ротор *10* с пластинами *11*. Диски и статор зафиксированы в угловом положении относительно корпуса штифтом *3* и плотно прижимаются друг к другу пружинами (на рисунке не показаны), а также давлением масла в напорной линии. При вращении с частотой *n* ротора, связанного с приводным валом шлицевым соединением, в направлении, указанном стрелкой, пластины *11* центробежной силой и давлением масла, подведенного в отверстия *5*, прижимаются к внутренней, имеющей овальную форму, поверхности *4* статора

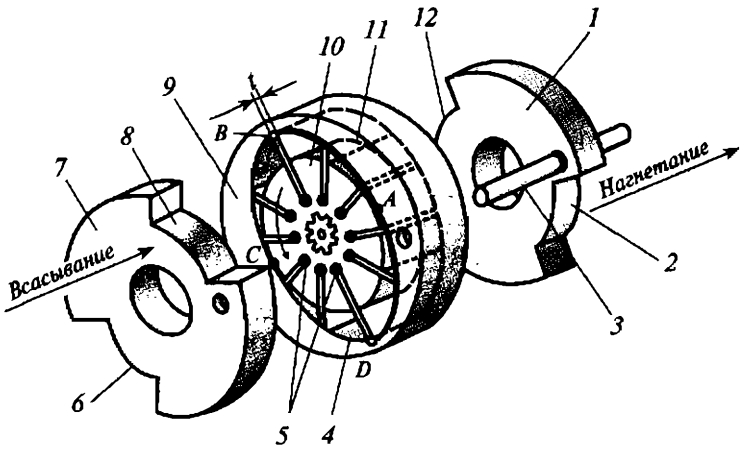


Рис. 99. Основные детали пластинчатого насоса:

1 и *7* — распределительные диски; *2*, *6*, *8* и *12* — окна диска; *3* — штифт; *4* — внутренняя поверхность статора; *5* — отверстия; *9* — статор, *10* — ротор; *11* — пластина

и, следовательно, совершают возвратно-поступательное движение в пазах ротора.

Во время движения пластин от точки *A* до точки *B* и от точки *C* до точки *D* объем камер, образованных двумя соседними пластинами, внутренней поверхностью статора, наружной поверхностью ротора и торцовыми поверхностями дисков *1* и *7*, увеличивается, и масло заполняет рабочие камеры через окна *6* и *8* диска *7*, связанные со всасывающей линией. При движении пластин на участках *BC* и *DA* объем камер уменьшается и масло вытесняется в напорную линию гидросистемы через окна *2* и *12* диска *1*. Поскольку участки нагнетания (*BC* и *DA*) и всасывания (*AB* и *CD*) расположены диаметрально относительно ротора, они уравновешивают радиальные нагрузки, освобождая ротор от действия последних, что положительно влияет на долговечность насоса.

Насос типа БГ12-2 (рис. 100), предназначенный для подачи чистых минеральных масел в гидросистемы оборудования под давлением 12,5 МПа (125 кгс/см^2), представляет собой объемную ротационную машину пластинчатого типа двойного действия; значение его подачи (л/мин) постоянно. В чугунном корпусе *12* и крышке *3* установлен статор *2*, имеющий внутри криволинейную профилированную поверхность, по которой скользят десять сдвоенных пластинок *1*, свободно перемещающихся в радиальных пазах ротора *17*. Ротор посажен на шлицы вала *15*, свободно вращающегося на шарикоподшипниках.

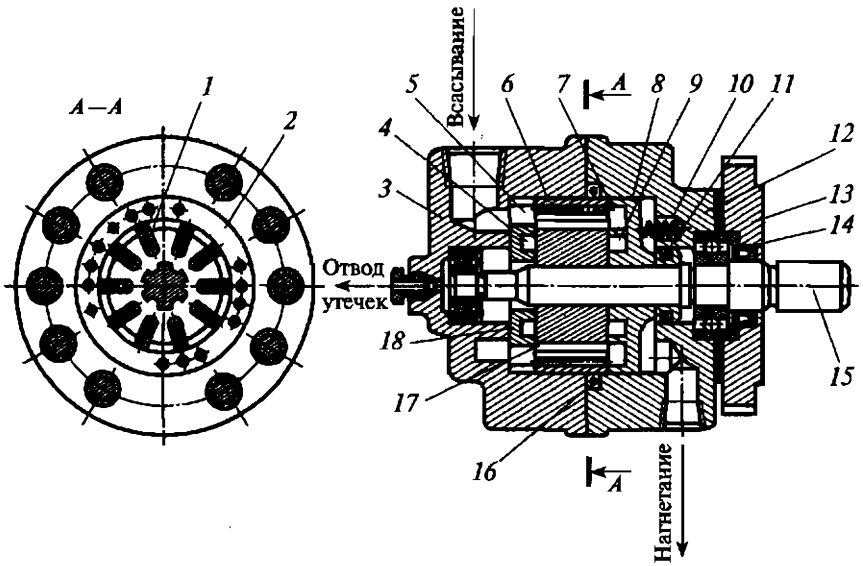


Рис. 100. Устройство пластинчатого насоса типа БГ12-2:

1 — пластинки; *2* — статор; *3* — крышка; *4* и *5* — основное и вспомогательное окна плоского диска; *6* — отверстие; *7* и *9* — основное и вспомогательное окна диска с шейкой; *8* и *18* — соответственно диски с шейкой и плоский; *10* — пружина; *11* и *16* — кольца; *12* — корпус; *13* — фланец; *14* — манжета; *15* — вал; *17* — ротор

Для распределения потоков масла и уплотнения торцов ротора и статора служат диски — плоский *18* и с шейкой *8*. Плоский диск имеет два основных окна *5* для всасывания рабочей жидкости в камеры между пластинками и два вспомогательных окна *4* — для всасывания ее в камеры под пластинками. Для увеличения площади всасывающие окна соединяют отверстиями *6*, выполненными в статоре, с глухими основными *7* и вспомогательными *9* всасывающими окнами диска с шейкой, вследствие чего обеспечивается всасывание рабочей жидкости с двух сторон ротора.

Диск с шейкой плавающего типа кроме всасывающих имеет еще основные окна для нагнетания рабочей жидкости из камер между пластинками и вспомогательные — для ее нагнетания из-под пластинок. Плоский диск помимо всасывающих окон имеет еще глухие основные и вспомогательные нагнетательные окна, поэтому нагнетание производится с двух сторон ротора. Ввиду того что в полости всасывания пространство под пластинками соединяется с линией всасывания, обеспечивается разгрузка пластинок от гидравлического усилия, прижимающего их к статору (прижим пластинок к статору в полости всасывания осуществляется центробежной силой). В начале работы прижим диска с шейкой осу-

ществляется пружинами *10*, а в процессе работы — и давлением масла. Для предотвращения утечек в насосе устанавливают манжету *14* во фланце *13* и кольца *11* и *16*.

При правильной эксплуатации пластинчатые насосы работают без значительного ухудшения значения подачи в пределах 5000...6000 ч, однако при более длительной работе наблюдается износ статорных колец, пластин и дисков (роторы изнашиваются незначительно). Статорные кольца особенно сильно изнашиваются в местах перехода от одного радиуса к другому, где образуются рифления и задиры. Ремонт статорных колец сводится к шлифованию их внутреннего профиля. Так как после установки отремонтированных этим способом колец уменьшается подача насосов, стремятся заменить изношенные статорные кольца новыми, которые изготовляют из стали ШХ15 или ХВГ. Термообработкой им придают твердость до HRC 60...64.

Пластины не ремонтируют, а изготовляют из быстрорежущей стали Р18 или заменяющих ее сталей Р6М5 и Р6М5К5 с соблюдением технических требований. Толщина пластин должна быть на 0,01...0,02 мм меньше ширины паза ротора, длина — на 0,01 мм меньше ширины ротора, отклонение от перпендикулярности торцов относительно рабочей поверхности — 0,01 мм. Распределительные диски заменяют новыми, а в некоторых конструкциях поверхности протачивают или шлифуют до устранения дефектного слоя.

Собранный, промытый керосином и заполненный маслом пластинчатый насос испытывают на стенде или непосредственно на станке, обкатывая его на холостом ходу в течение 15...20 мин. При отсутствии явных неисправностей насос испытывают под нагрузкой, постепенно повышая давление до номинального и затем превышая его на 20...30 % (при этом максимальном давлении проверяемый насос должен работать не более 3...5 мин). При испытании насоса измеряют подачу при различных давлениях и тем самым определяют ее значение, используя для этого специальное приспособление.

Необходимо отметить, что ремонт пластинчатых насосов является достаточно трудоемким, и поэтому во многих случаях выгоднее заменять изношенные насосы новыми. Ремонт целесообразно производить только при необходимости устранения незначительных дефектов, например при ослаблении сальникового уплотнения или смене шарикоподшипников.

9.4. Ремонт гидродвигателей

Гидродвигатель в гидросистеме — это устройство для преобразования энергии потока жидкости (масла) в энергию движения выходного звена (штока, вала и пр.). Он представляет собой гидро-

машину, рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении маслом рабочей камеры и вытеснении его из нерабочей. Гидродвигатели делятся на гидроцилиндры с поступательным (линейным) движением выходного звена, поворотные гидродвигатели с ограниченным углом поворота и гидромоторы с неограниченным вращательным движением выходного вала.

Гидроцилиндры в зависимости от направления действия жидкости подразделяют на гидроцилиндры одностороннего действия (рис. 101, *а*), у которых движение выходного звена (плунжера *2*) возможно только в одном направлении, и двустороннего действия (рис. 101, *б*, *в*), у которых движение осуществляется в двух противоположных направлениях. В зависимости от конструкции рабочих камер, образованных рабочими поверхностями корпуса и поршня, гидроцилиндр может быть одноштоковым (см. рис. 101, *а*) или двухштоковым (см. рис. 101, *б*). При постоянном количестве подаваемого в цилиндр масла (см. рис. 101, *б*) скорости прямого и обратного ходов будут немного различаться из-за разности объемов бесштоковой и штоковой камер. Например, при движении поршня *5* влево (штоковая камера соединена с напорной линией, бесштоковая — со сливной) скорость его перемещения чуть больше, чем при движении вправо.

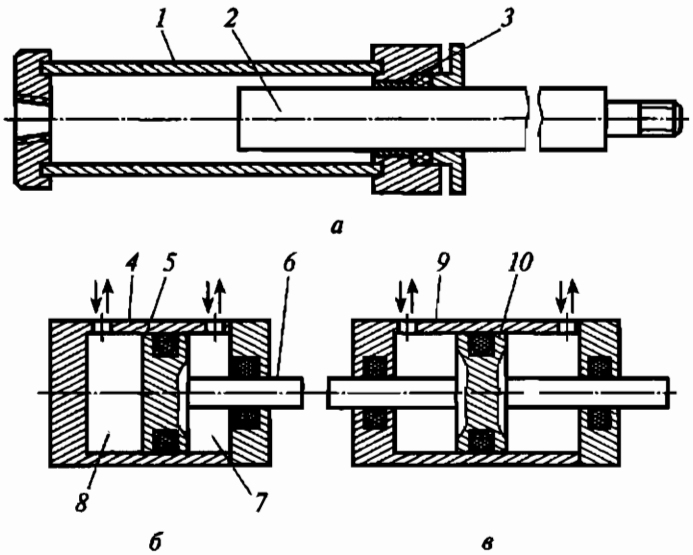


Рис. 101. Гидроцилиндры одностороннего (*а*) и двустороннего (*б*, *в*) действия:

1, *4* и *9* — цилиндр-штоки; *2* — плунжер; *3* — направляющая плунжера; *5* — поршень с одним штоком; *6* — шток; *7* и *8* — штоковая и бесштоковая камеры; *10* — поршень с двумя штоками

Гидроцилиндры, используемые в гидроприводах, могут быть разных типоразмеров. Основными параметрами гидроцилиндров являются: диаметр цилиндра; площадь поршня; диаметр штока; длина хода; давление и тяговое усилие, развиваемые цилиндром; скорость движения поршня.

Ремонт гидроцилиндра. При ремонте осматривают полость цилиндра и шток, проверяют их диаметры. Отклонение гидроцилиндра от цилиндричности не должно превышать 0,03 мм на длине 1000 мм, отклонение штока от круглости и цилиндричности допускается в пределах 0,01 ... 0,02 мм. Если указанные отклонения превышают допустимые, а на внутренней поверхности цилиндра имеются продольные риски и задиры, цилиндр растачивают и притирают круглым притиром, используя абразивную пасту. Рекомендуется исправлять полость цилиндра на внутришлифовальном или токарном станке, применяя шлифовальные головки. Чистовую отделку обычно выполняют разверткой, укрепленной на борштанге. Практикуется также доводка цилиндров наждачной бумагой, навернутой на деревянную оправку, диаметр которой регулируют клином, вколачиваемым в ее торец.

Прогрессивным процессом доводки полости цилиндра является ее обработка методом пластического деформирования в холодном состоянии при твердости не выше HRC 40, что достигается с помощью раскатывания на токарных станках. Этим методом получают очень чистую поверхность и, кроме того, достигается упрочнение поверхности, повышающее поверхностную твердость, усталостную прочность и износостойкость детали.

Раскатка (рис. 102) состоит из оправки *1* с конусом, по которому катятся пять конических роликов *6*, равномерно расположенных по окружности. Их выпадание предотвращается сепаратором *5*, свободно вращающимся на оправке. Во время раскатывания ролики прижимаются к упорному подшипнику *4*. На наружный размер

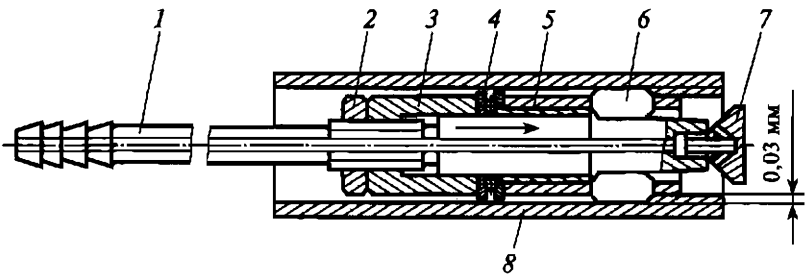


Рис. 102. Раскатка:

1 — оправка; *2* — контргайка; *3* — регулировочная гайка; *4* — упорный подшипник; *5* — сепаратор; *6* — конический ролик; *7* — пробка; *8* — цилиндр

раскатку настраивают вращением регулировочной гайки *3*, которая стопорится контргайкой *2*. При вращении регулировочной гайки ролики перемещаются вдоль рабочего конуса оправки, изменяя диаметр раскатки. Смещение сепаратора вправо ограничивается пробкой *7*. Цилиндр *8*, раскатываемый на токарном станке, закрепляют в шпинделе и базируют в люнете, а раскатку закрепляют в резцедержателе на суппорте станка и затем вводят в цилиндр, регулируя натяг. Раскатка работает без принудительной подачи благодаря тому, что ролики расположены под углом к ее оси. Смазочно-охлаждающая жидкость подается через центральное отверстие оправки раскатки.

Режим обработки отверстий в деталях, изготовленных из стали 45, следующий: скорость — 40 м/мин; подача — 0,3...0,5 мм/об за один рабочий ход; припуск на раскатку — 0,03...0,05 мм.

При раскатывании достигается шероховатость поверхности *Ra* 0,16 и, кроме того, ликвидируются отклонения от цилиндричности и круглости отверстия. После обработки цилиндра несколько увеличивается его внутренний диаметр, в связи с чем приходится менять поршень и манжеты. Внутренние поверхности цилиндра *8*, показанного на рис. 102, не изнашиваются. При ремонте таких цилиндров приходится только заменять втулку (на рисунке не показана), внутренний диаметр которой выполняют в соответствии с диаметром отремонтированного плунжера по скользящей посадке.

Штоки ремонтируют шлифованием с последующей доводкой. Тонкие штоки заменяют новыми. Штоки диаметром до 20 мм и длиной более 500 мм рационально изготовлять из мерного калиброванного прутка. Изношенные поршни, как правило, заменяют новыми.

Неисправности гидросистем в большинстве случаев устраняют их регулированием и чисткой, а также фильтрацией масла. При правильной эксплуатации гидросистемы ремонтировать ее приходится редко. Обычно незначительного ремонта требуют детали механизмов подачи и распределения масла (клапаны, золотники, краны, дроссели, цилиндры, поршни) и более существенного по времени и объему — детали насоса.

9.5. Балансировка деталей

Маховики, шкивы, а также различные детали и узлы, вращающиеся с большими окружными скоростями (например, шпиндельные), должны быть уравновешены (отбалансированы); иначе они могут вызвать вибрацию — явление, отрицательно влияющее на работу механизмов и машины в целом. Неуравновешенность (дисбаланс) деталей возникает вследствие разных причин: неоднородности материала, из которого изготовлены детали; отклонений в раз-

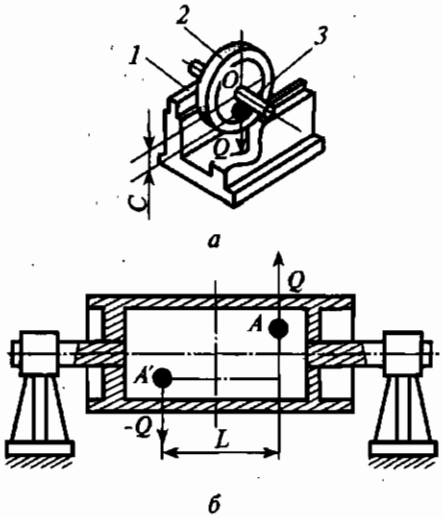


Рис. 103. Схемы статической (*а*) и динамической (*б*) балансировки деталей:
1 — опорная поверхность; *2* — диск; *3* — оправка

мерах, допущенных при их изготовлении и ремонте; различных деформаций, полученных в результате термообработки; различной массы крепежных деталей и т. д. Устраняют дисбаланс балансировкой, которая является ответственной технологической операцией и осуществляется двумя способами.

Статическая балансировка — это уравновешивание деталей в неподвижном состоянии на специальных приспособлениях (ножевых направляющих, роликах и пр.). Статической балансировкой устраняют дисбаланс таких деталей, как шкивы, кольца, гребные винты и т. п.

При вращении диска *2* (рис. 103, *а*), центр тяжести которого находится на расстоянии *С* от геометрического центра *О*, образуется неуравновешенная центробежная сила *Q*. Балансировку выполняют следующим образом. Заостренные, чисто обработанные и закаленные опорные поверхности *1* ножей выверяют линейкой и уровнем на горизонтальность с точностью 0,05...0,1 мм на длине 1000 мм. Уравновешиваемую деталь *2* (диск) надевают на оправку *3*, концы которой должны быть одинакового и как можно меньшего диаметра (это существенное условие повышения чувствительности балансировки без ущерба для жесткости установки оправки с деталью на ножах). Затем деталь с оправкой слегка подталкивают и дают ей возможность свободно остановиться — ее более тяжелая часть после остановки всегда займет нижнее положение. Балансируют деталь одним из двух способов: либо облегчают ее тяжелую часть высверливанием или вырубанием из нее лишнего металла, либо утяжеляют диаметрально противоположную часть.

Динамическая балансировка производится при быстром вращении детали в целях предельного уменьшения вибраций. При динамической неуравновешенности детали (рис. 103, *б*) центр тяжести может находиться далеко от ее середины — в точке *А*. Тогда во время вращения с повышенной окружной скоростью неуравновешенная масса будет создавать момент, опрокидывающий деталь, вызывать вибрации и повышение нагрузки на подшипники. Для уравновешивания детали нужно или установить добавочный

груз в точке A', или высверлить часть металла в точке A. В первом случае неуравновешенная масса и масса добавочного груза образуют пару параллельных, но противоположно направленных центробежных сил (Q и $-Q$), приложенных в точках A и A' и имеющих плечо L. Возникающие при этом моменты сил уравновешивают друг друга, устраняя дисбаланс детали.

Динамическую балансировку выполняют на специальных станках. Деталь устанавливают на упругие опоры и присоединяют к приводу. Частоту вращения детали доводят до такого значения, когда система начинает испытывать вибрации, что позволяет заметить область колебаний. Для создания уравновешенной силы закрепляют на детали грузы, подбираемые так, чтобы образовался противоположно направленный момент, устраняющий вибрацию.

9.6. Модернизация оборудования

Модернизация оборудования заключается во внесении в конструкцию станка ряда изменений, обеспечивающих повышение его технического уровня и эксплуатационных показателей: производительности, жесткости и виброустойчивости, долговечности, точности, степени автоматизации, безопасности работы, удобства и легкости обслуживания. Модернизацию целесообразно проводить при окупаемости затрат в 2...3 года, повышении производительности не менее чем на 20...30 % и сроке эксплуатации оборудования не менее 5 лет. Модернизация производится в большем или меньшем объеме при капитальном ремонте.

Производительность станков увеличивают путем повышения их мощности и быстроходности, а также механизации и автоматизации вспомогательных операций (крепление и снятие деталей, смена скоростей и подач, холостой ход, измерение размеров и т. п.). Повышение быстроходности и мощности достигается заменой электродвигателя, изменением размеров шкива привода или зубчатых колес, а также установкой специального редуктора между электродвигателем и коробкой скоростей. Увеличение долговечности и безотказности оборудования обеспечивают повышением износостойкости ответственных деталей, улучшением условий смазки, применением защитных устройств для направляющих и винтовых пар, усилением слабых звеньев (заменой материала, термической обработкой, изменением размеров и форм деталей).

Для повышения безопасности работы и облегчения обслуживания устанавливают при необходимости блокирующие устройства, ограждения опасных зон, упоры и конечные выключатели, предохранительные устройства и пр.

Моральный износ машины связан с появлением оборудования с более высокими эксплуатационными характеристиками, что



Рис. 104. Схема основных направлений модернизации металлообрабатывающих станков

обусловливает нецелесообразность ее дальнейшей эксплуатации. Морально изношенное оборудование заменяется. Действенным средством устранения последствий морального износа является модернизация, т.е. усовершенствование действующего оборудования с целью повысить его эксплуатационные параметры до показателей аналогичного оборудования более совершенных конструкций.

Схема основных направлений модернизации металлорежущих станков изображена на рис. 104. Основные направления модернизации кузнечно-прессового оборудования и других видов оборудования остаются примерно теми же. Во всех случаях при внесении изменений в конструкцию необходимо обеспечить повышение безопасности работы машины.

Контрольные вопросы

1. Как определяют и устраняют неполадки в работе гидросистем?
2. В чем сущность ремонта пластинчатых насосов?
3. Как осуществляют балансировку деталей?
4. В чем заключается сущность модернизации?

Глава 10

МОНТАЖ СТАНКОВ

10.1. Установка станков на фундаменты

Металлорежущие станки, устанавливаемые в цехах машиностроительных заводов, в основном относятся к группе средних и легких станков. Качество работы станка в значительной степени зависит от того, как он смонтирован на месте постоянной эксплуатации. Легкие станки, не вызывающие в процессе работы больших сотрясений, устанавливают непосредственно на полу и крепят винтами. Правильность установки станины проверяют по уровню. Установка станка может осуществляться на деревянном полу цеха с соответствующей выверкой и креплением станины к полу винтами, а также на бетонном полу с выверкой и креплением фундаментными болтами.

Крупные станки массой более 10 т, а также прецизионные устанавливают на специальных фундаментах. Назначение фундамента заключается в передаче нагрузки от веса станка и сил инерции во время его работы ближайшему слою грунта, называемому основанием. Точность и долговечность станков зависят от правильности установки их на фундаменты. Руководством при установке станка служит приведенный в паспорте чертеж; указанные на нем размеры обеспечивают свободное пространство для выступающих и движущихся частей станка. Следует сохранить межстаночные проходы, установленные правилами техники безопасности.

Виды фундаментов. Фундаменты под станки подразделяют на две основные группы. К первой группе относятся фундаменты, служащие только основанием для станка; ко второй — фундаменты, которые жестко связаны со станком и придают ему дополнительную устойчивость и жесткость. Если станок хотя бы по одному из своих признаков требует постройки фундамента по второй группе, а по всем остальным — по первой, то расчет и изготовление фундамента надо отнести ко второй группе.

Работа грунта под нагрузкой. Прочный фундамент можно построить лишь на надежном основании. Свойство грунта выдерживать нагрузку без деформаций, которые нарушают целость сооружения, в первую очередь определяется допустимым давлением на грунт. Существуют следующие нормативы допустимого давления

на грунт при заложении оснований на глубине не более 4 м от поверхности земли, кгс/см^2:

Гравий и крупный песок	6
Плотный глинистый грунт и крупный плотный песок	4
Пылевой сухой чистый малоуплотненный песок	2
Слабый глинистый грунт	1
Илистый грунт	0,5

Рассмотрим работу грунта под нагрузкой. Если установить на основание фундамент и нагружать его, то основание начнет опускаться, или садиться. Глубина, на которую опустится фундамент, называется *осадкой*. При этом сначала наступает фаза уплотнения грунта, переходящая под действием все увеличивающейся нагрузки в фазу сдвигов. Вследствие прекращения действия нагрузки грунт стремится занять прежнее положение, но не до конца, так как при этом получаются неупругие осадки, вызывающие уплотнение грунта. С наступлением фазы сдвигов осадки увеличиваются и делаются неравномерными, причем площадки сдвигов образуют под фундаментом непрерывную поверхность скольжения. Тогда может наступить третья фаза — выдавливание грунта. Она заключается в том, что фундамент опускается глубоко вниз, что вызывает образование бугра *CDE* (рис. 105). Это явление обычно происходит внезапно и носит катастрофический характер.

Методы установки станков. При установке станков в цехе применяют два основных метода. Станки нормальной точности, имеющие жесткую станину и относительно небольшой вес (до 6 т), обычно устанавливают непосредственно на бетонный или другой пол цеха. При установке станка его положение тщательно выверяют при помощи уровня и клиньев, после чего основание станка заливают цементом. Для надежного скрепления станка с бетонным полом цеха применяют фундаментные болты (рис. 106). В бетонном полу вырубают гнезда, глубина которых соответствует длине болта. Свободное пространство между головкой болта и стенками гнезда заливают цементным раствором. Преимущество такого метода установки станков заключается в возможности сравнительно быстро переустанавливать оборудование в цехе, а также в малых затратах.

Тяжелые и точные станки, а также станки, работающие с большими динамическими нагрузками (продольно-строгальные, долбежные и пр.), устанавливают на индивидуальные фундаменты, изготавливаемые из бетона, железобетона, бутобетона или кирпичной кладки. Размеры фундамента в зависимости от

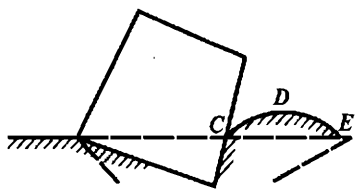


Рис. 105. Схема работы грунта под нагрузкой

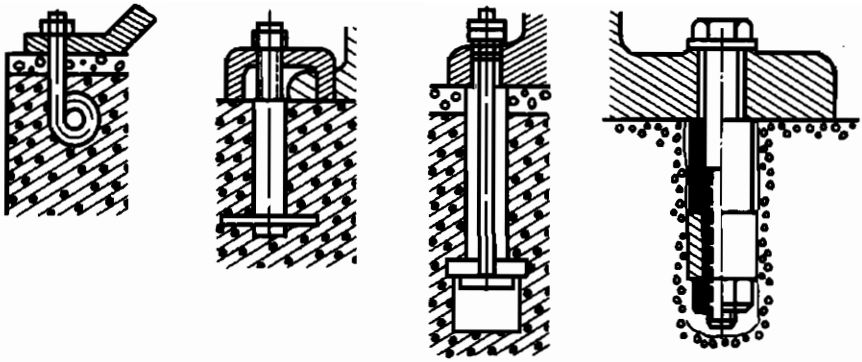


Рис. 106. Фундаментные болты

действующих на него нагрузок определяют путем расчета. Изготавливают фундамент в строгом соответствии с чертежом.

Установка станков на отдельном фундаменте. Станки, подверженные сотрясениям во время работы, устанавливают на отдельных фундаментах. В этом случае сотрясение через пол на другие близко работающие станки не передается. Для подготовки фундамента станка снимают часть пола по его размерам и выкапывают яму на расчетную глубину. Затем яму выкладывают кирпичным фундаментом на уровне пола, предусматривая гнезда для фундаментных болтов. Кладка фундамента должна быть сделана за 7...10 дней до установки станка, с тем чтобы раствор достаточно окреп.

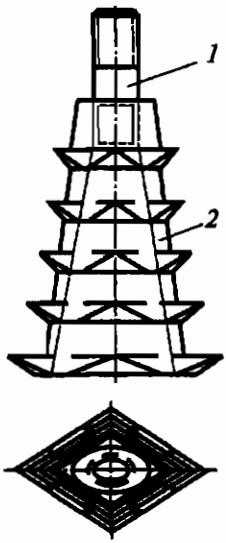


Рис. 107. Специальный фундаментный болт:

1 — шпилька; *2* — [illegible]

Установка станков на бетонной плите. В этом случае применяют фундаментные болты. В бетонной плите перед заливкой на месте фундаментных болтов устанавливают по размерам гнезд деревянные колодки, которые затем удаляют перед установкой фундаментных болтов. Ширина углубления в верхней части отверстия должна быть достаточной для прохода широкого основания головки болта. Свободное пространство между головкой болта и стенками гнезда заливают цементом.

Обычные конструкции фундаментных болтов показаны на рис. 106. Неко- [illegible] оборудование

со специальными фундаментными болтами (рис. 107), состоящими из чугунного основания *2* и шпильки *1*, ввернутой в торцевое отверстие основания. Головка такого болта имеет удлиненную пирамидальную форму с заершенными ребрами. Такие фундаментные болты прочно удерживаются в отверстиях фундаментов и обеспечивают длительное и надежное крепление станка.

Подготовка и разметка места установки станка. Перед установкой станков на предназначенные для них места следует произвести монтажную разметку. Обычно при установке станков в цехе преследуют две основные цели: рациональное использование площади и удобство эксплуатации. Станки можно расставить как продольными, так и поперечными рядами, соблюдая при этом расстояния и промежутки, величина которых диктуется требованиями технологического процесса и техники безопасности. Обычно крупные станки располагают в середине цеха продольными рядами, что облегчает их обслуживание подъемными кранами в процессе работы. Малые же станки целесообразно располагать поперечными рядами, вследствие чего облегчается доступ к наружным стенам, где обычно располагается электрическая проводка, водопровод и отопительная система. Перед установкой станков на намеченные для них места следует произвести разметку.

Если станки расположены рядами, то на полу размечают направления рядов. В противном случае наносят оси каждого станка в отдельности. Прямые линии на полу наносят путем отбивки шнуром, натянутым между двумя точками, определяющими направление прямой линии. Предварительно покрытый мелом шнур оттягивают вверх и отпускают, в результате чего на полу остается след мела в виде прямой линии.

10.2. Методы монтажа и выверки станка

Совокупность операций по установке, сборке, наладке и обкатке станка или машины, проводимых в определенной последовательности, называется *технологическим процессом монтажа*. В него входит соединение станка с полом здания либо фундаментом, находящимся на грунте, с устройствами, подводящими электроэнергию, и пр. При монтаже должно быть обеспечено заданное положение монтируемого станка относительно других станков и здания, а также правильное положение отдельных узлов монтируемого станка.

Станок устанавливают на фундамент только после затвердевания бетона. Преждевременная нагрузка на фундамент вызывает его разрушение (растрескивание).

Вследствие того что опорная плоскость фундамента практически не может быть выполнена с достаточной точностью, станок

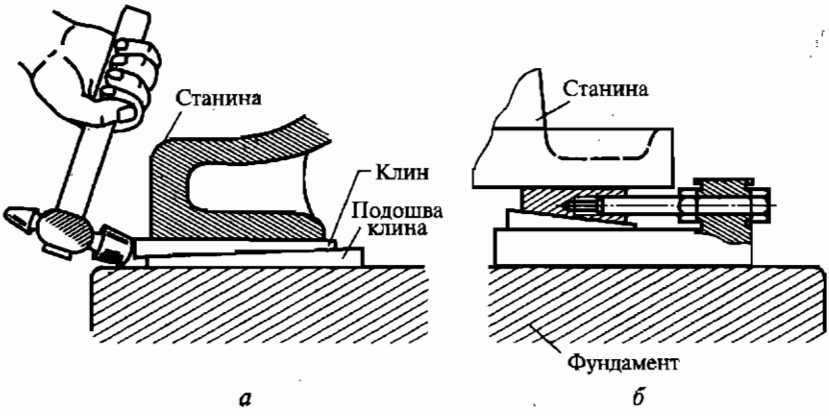


Рис. 108. Установка и выверка станка на фундаменте:
а и *б* — соответственно установка на стальные клинья и башмаки

устанавливают не непосредственно на фундамент, а на подкладки, представляющие собой металлические полосы толщиной 3...10 мм или же стальные клинья с уклоном 4...5°, которые могут быть одинарными или двойными (рис. 108). Расположение клиньев указывается в чертеже на установку станка. Обычно клинья устанавливают по периметру станины через 500...700 мм друг от друга.

Крупные станки монтируют на башмаках (рис. 108, *б*), представляющих собой двойные клинья, регулируемые посредством винта.

Монтаж станка начинается с установки его станины на стенде в ремонтном цехе или на фундаменте в цехе, где он будет работать.

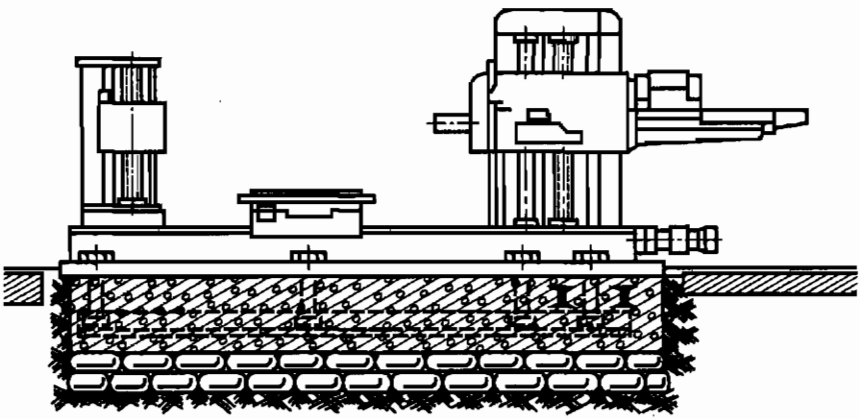


Рис. 109. Индивидуальный фундамент под расточной станок

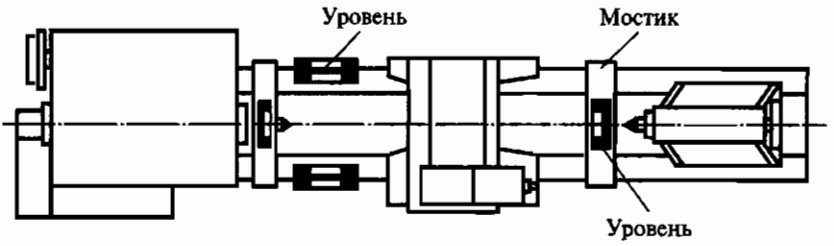


Рис. 110. Выверка установленного станка по уровню

Заливка станины производится лишь после сборки станка, окончательной выверки и сдачи ОТК. Это позволяет избежать деформации залитой станины после установки на нее тяжелых узлов. (Для ускорения работы и повышения надежности установки при заливке следует применять быстросхватывающие цементы.)

Станок устанавливают таким образом, чтобы фундамент со всех сторон выступал относительно подошвы станины примерно на одинаковое расстояние (рис. 109). Затем выверяют станок по уровню. Для проверки положения станины в продольном направлении уровни устанавливают в двух местах — на передней и задней направляющих станины (рис. 110). Положение станины в поперечном направлении проверяют уровнями, также установленными в двух местах на мостиках. Подбивкой клиньев в соответствующих местах (см. рис. 108, *а*) добиваются горизонтальности установки станка во всех направлениях с точностью, предусмотренной техническими условиями на установку (0,04 мм на 1000 мм длины станины).

Крепление станка болтами и способы заливки. После выверки станка на клиньях под подошву станины подливают цементный раствор, имеющий состав 1:3 (цемент к песку).

Станок может быть доставлен к месту монтажа окончательно собранным или разобранным на отдельные узлы. Во втором случае технологический процесс монтажа должен включать в себя и сборку станка. При подготовке и осуществлении монтажа и сдаче станка необходимо соблюдать следующую последовательность операций:

1) разметить и изготовить фундамент;

2) доставить станок к месту монтажа, распаковать, провести технический осмотр и составить акт;

3) установить на фундамент станину станка и выверить уровнем ее положение;

4) смонтировать станок и окончательно выверить его положение;

5) залить бетоном фундаментные болты, выдержать бетон и затянуть гайки фундаментных болтов;

6) смазать станок и включить его, соблюдая правила техники безопасности;

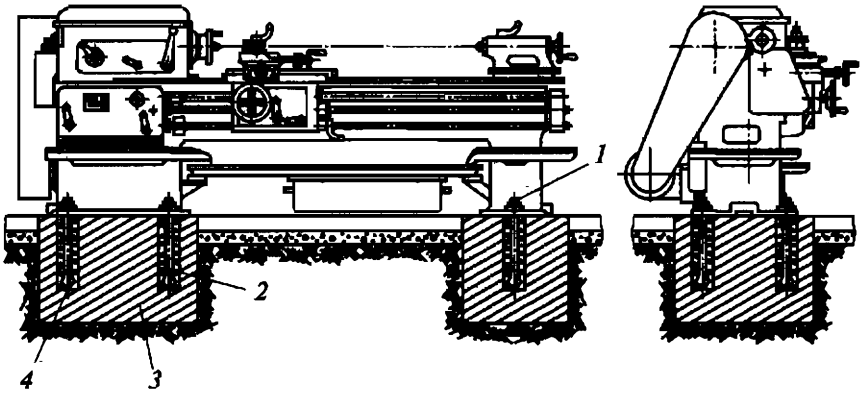


Рис. 111. Установка токарного станка на фундамент:
1 — гайка; *2* — фундаментный болт; *3* — фундамент; *4* — отверстие

7) обкатать станок вхолостую, испытать под нагрузкой и проверить на точность;

8) составить акт испытания и акт приемки монтажа и сдачи оборудования в эксплуатацию.

Толщина слоя раствора обычно составляет 20...30 мм. Чтобы раствор не растекался, по плоскостям фундамента устанавливают доски опалубки. Установку станка на фундаменте и его крепление производят при помощи фундаментных болтов *2* (рис. 111), которые устанавливаются в отверстия *4*, предусмотренные в фундаменте *3;* отверстия в фундаментах получают установкой деревянных четырехугольных труб из тонких досок.

После изготовления фундамента до его полного схватывания доски слегка раскачивают и вынимают. Можно предупредить схватывание труб бетоном посредством обертывания их толем (листовым). На место удаленных труб для предупреждения попадания мусора в отверстия временно ставят изготовленные из досок пробки. Цементный раствор, подливаемый под подошву станины, заполняет отверстия *4* и закрепляет болты. Когда цементный раствор затвердеет (через 5...7 дней), на выступающие части болтов устанавливают шайбы, навинчивают гайки *1* и вторично проверяют станок по уровню.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется установка и выверка станка?
2. В какой последовательности осуществляется монтаж станков?

Приложение 1

от _____ 20 г.

АКТ СДАЧИ В РЕМОНТ

Мы, нижеподписавшиеся:

Начальник цеха (производ. мастер) _____

Механик цеха _____

Ремонтный мастер _____

Энергетик цеха _____

составили настоящий акт в том, что на основании плана ППР нами в присутствии

инспектора ОГМех _____

произведена сдача в малый ремонт _____
наименование оборудования

_____ гр. сл. _____

принадлежащий цеху № _____ инв. № _____

При сдаче _____
краткое описание состояния

_____
и отсутствие недостающих частей

В процессе ремонта необходимо устранить следующие дефекты	Отметка инспектора об устранении дефекта

Агрегат сдал: Начальник цеха (произв. мастер) _____

Агрегат приняли: Механик цеха _____

Энергетик цеха _____

Инспектор ОГМех _____

от _____ 20 г.

АКТ ПРИЕМКИ ИЗ РЕМОНТА

Мы, нижеподписавшиеся:

Начальник цеха (производ. мастер) _____

Механик цеха _____

Ремонтный мастер _____

Бригадир слесарей _____

Энергетик цеха _____

в присутствии инспектора ОГМех _____

составили настоящий акт в том, что нами произведена приемка

_____

наименование оборудования

гр. сл._____ инв. № _____

вышедшего из малого ремонта.

Агрегат исправлен, отремонтирован на _____

указать цену

и признан годным к эксплуатации с _____20 г.

Ремонт производила бригада _____

Агрегат приняли:

Начальник цеха (производ. мастер)_____

Инспектор ОГМех _____

Агрегат сдали:

Бригадир слесарей _____

Механик цеха _____

Энергетик цеха _____

предприятие, организация

«УТВЕРЖДАЮ»

_____

_____ 20 г.

подпись руководителя

АКТ №_____

приема — сдачи отремонтированных, реконструируемых и модернизированных объектов

от _____ 20 г.

Мы, _____

должность, фамилия

составили настоящий акт в том, что _____

наименование объектов

инв. № _____ по заказу № _____ находился в плановом / неплановом

ремонте (реконструкции, модернизации) с _____ 20 г.

по _____ 20 г., т. е. _____ дней

Предусмотренные ведомостью дефектов работы по ремонту (реконструкции, модернизации) выполнены полностью / неполностью

указать, что выполнено

По окончании ремонта (реконструкции, модернизации) объект прошел испытание и сдан в эксплуатацию.

Изменения в характеристике объекта, вызванные реконструкцией, модернизацией _____

Сдали: Начальник цеха _____

Механик цеха _____

Энергетик цеха _____

Приняли: Инспектор ОГЭ _____

Инспектор ОГМех _____

ОТК ОГМех _____

Нормы по системе ППР _____

СПРАВКА

1. Сметная стоимость по утвержденному расчету (на фактически выполненный объем работ):

а) капитального ремонта _____ руб. _____

б) реконструкции (модернизации)_____ руб. _____

Начальник планового отдела _____
подпись

2. Фактическая стоимость:

а) капитального ремонта _____ руб. _____

б) реконструкции (модернизации)_____ руб. _____

Главный (старший) бухгалтер _____
подпись

Приложение 5

Ведомость дефектации деталей

ММТ-П	Ведомость дефектации деталей					Наименование оборудования, модель		тера					
Позиции	Деталь		Дефект			Выявление		Способы ремонта					
	Наименование	Материал	№ пор.	Вид	Величина	Метод	Средство						

Приложение 6

Карта смазки

Наименование оборудования, модель					
№ точки по схеме	Объект смазки	Смазочный материал, наименование, марка, ГОСТ	Способ смазки	Периодичность смазки	Расход смазочного материала за установленный период

Приложение 7

Перечень подшипников

Условное обозначение	Куда входит (обозначение составной части)	Количество

Приложение 8

Перечень запасных частей

Обозначение	Наименование	Количество	Куда входит	Материал

Приложение 9

Завод _____

КАРТА ПЛАНОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

_____

(наименование оборудования, модель)

_____

Ремонтосложность

Механическая часть ($R_м$)	Электрическая часть ($R_э$)	Гидравлическая часть ($R_г$)	Устройство ЧПУ

Операция технического обслуживания	Узлы (сборочные единицы, блоки), подлежащие техническому обслуживанию	Норма времени на выполнение операций	Количество операций в цикле обслуживания или наибольшая допустимая периодичность обслуживания	Исполнитель (специальность)

Карту составил _____

(подпись)

_____

(инициалы, фамилия)

_____

(дата)

Список литературы

1. *Воловик Е.Л.* Справочник по восстановлению деталей. — М.: Колос, 1981.

2. *Гельберг Б. Т., Пекелис Г.Д.* Ремонт промышленного оборудования. — М.: Высш. шк., 1988.

3. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. — М.: Машиностроение, 1967.

4. *Крупицкий Э. И.* Справочник молодого слесаря по ремонту промышленного оборудования. — М.: Высш. шк., 1977.

5. *Пекелис Г.Д., Гельберг Б. Т.* Технология ремонта металлорежущих станков. — Л.: Машиностроение, 1984.

6. *Пикус М. Ю.* Справочник слесаря по ремонту металлорежущих станков. — Минск: Вышейш. шк., 1987.

7. Руководящие материалы по применению в машиностроении и ремонтной практике стиракрила марки ТШ. — Л: ЦБТИ, 1983.

8. Справочник механика машиностроительных заводов. Т. I и II / Под ред. Ю. С. Борисова, А. П. Владзиевского и Р. А. Носкина. — М.: Машиностроение, 1971.

9. *Стерин И. С.* Слесарь ремонтных металлорежущих станков. — Л.: Лениздат, 1990.

10. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования. — М.: Машиностроение, 1988.

Оглавление

Предисловие 3

Введение 4

Глава 1. Организация ремонтной службы на предприятии 6
1.1. Цели и задачи ремонта промышленного оборудования 6
1.2. Понятие о рациональной системе технического обслуживания и ремонта оборудования 7
1.3. Виды ремонта 9
1.4. Структура и периодичность работ по плановому техническому обслуживанию и ремонту 11
1.5. Планирование простоев при ремонте оборудования 17
1.6. Узловой метод ремонта 18
1.7. Комплекс основных работ, проводимых при техническом обслуживании оборудования с ЧПУ 19

Глава 2. Износ деталей промышленного оборудования 23
2.1. Сущность явления износа 23
2.2. Виды и характер износа деталей 23
2.3. Признаки износа 29
2.4. Основные понятия о надежности машин 31
2.5. Основные правила эксплуатации технологического оборудования 33
2.6. Особенности выбора материалов при ремонте 35
2.7. Основные факторы, увеличивающие продолжительность работы оборудования 35

Глава 3. Пути и средства повышения долговечности оборудования 37
3.1. Значение режима смазывания для увеличения долговечности работы машин и механизмов 37
3.2. Смазочные материалы и их применение 38
3.3. Способы и средства смазывания станков и механизмов 41
3.4. Диагностирование оборудования 48
3.5. Техническая документация ремонтных работ 50
3.6. Ремонтные чертежи (ГОСТ 2.604—68) 51
3.7. Подготовка оборудования к ремонту 53
3.8. Разборка станка 54
3.9. Очистка и промывка деталей 61
3.10. Дефектация деталей 64
3.11. Сборка станков после ремонта 66
3.12. Обкатка и испытание машин после ремонта 70

Глава 4. Подъемно-транспортные устройства 73
4.1. Подъемно-транспортные средства, применяемые при ремонте 73
4.2. Грузозахватные приспособления 79

Глава 5. Типовые методы и способы восстановления деталей 81
5.1. Экономическая целесообразность восстановления деталей 81
5.2. Восстановление деталей механической обработкой 82
5.3. Восстановление деталей сваркой и наплавкой 86
5.4. Восстановление деталей металлизацией 92
5.5. Восстановление и упрочнение деталей электролитическим способом 93
5.6. Электромеханическое восстановление и упрочнение деталей 96
5.7. Ремонт и упрочнение деталей пластическим деформированием 97
5.8. Восстановление деталей пластмассовыми композициями 99
5.9. Восстановление деталей и ремонт оборудования клеевым методом 104

Глава 6. Ремонт деталей металлорежущих станков 110
6.1. Ремонт резьбовых соединений 110
6.2. Ремонт штифтовых соединений 114
6.3. Ремонт шпоночных и шлицевых соединений 115
6.4. Ремонт сварных соединений 120
6.5. Ремонт трубопроводов 121

Глава 7. Ремонт деталей и механизмов производственного оборудования 127
7.1. Ремонт валов и шпинделей 127
7.2. Подшипники скольжения 139
7.3. Подшипники качения 145
7.4. Ремонт деталей и сборочных единиц с подшипниками качения 147
7.5. Ремонт шкивов и ременных передач 154
7.6. Ремонт соединительных муфт 161
7.7. Ремонт деталей зубчатых и цепных передач 167
7.8. Ремонт деталей передач «винт—гайка» 173
7.9. Ремонт деталей поршневых и кривошипно-шатунных механизмов 179
7.10. Ремонт деталей кулисного механизма 185

Глава 8. Приспособления для механизации ремонтных работ 190
8.1. Стационарные приспособления для восстановления направляющих 190
8.2. Переносные приспособления для восстановления направляющих 194
8.3. Контроль точности ремонтных операций 200

Глава 9. Ремонт узлов и деталей гидравлических систем металлорежущих станков 206
9.1. Организация планово-предупредительного ремонта и эксплуатации гидрофицированного оборудования 206
9.2. Причины возникновения неисправностей в работе гидросистем и способы их устранения 208
9.3. Ремонт пластинчатых насосов 213
9.4. Ремонт гидродвигателей 216
9.5. Балансировка деталей 219
9.6. Модернизация оборудования 221

Глава 10. Монтаж станков 224
10.1. Установка станков на фундаменты 224
10.2. Методы монтажа и выверки станка 227

Приложения 231

Список литературы 237

МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ISBN 978-5-7695-7356-9

Издательский центр
«Академия»
www.academia-moscow.ru