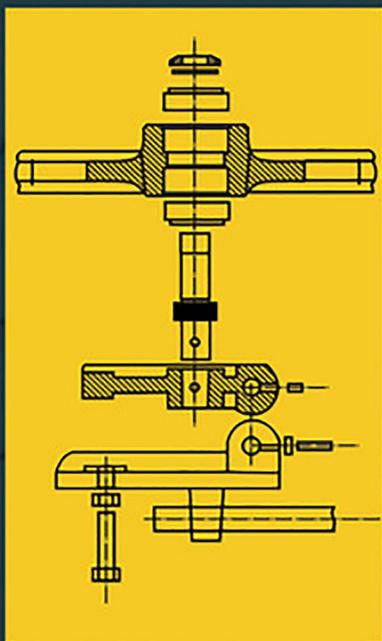


# СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО

В.Н. Фещенко



*слесарные  
работы при  
изготовлении и  
ремонте машин*



**В.Н. Фещенко**

# **СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО**

**Слесарные работы  
при изготовлении  
и ремонте машин**

**Книга 1**

*Учебное пособие*

**Инфра-Инженерия  
Москва  
2013**

**УДК 621.7(075)**

**ББК 34.671**

**Ф44**

**Р е ц е н з е н т ы:**

*Юкляев М.П.* - заслуженный учитель РФ;

*Денисов Н.Б.* - главный механик завода «Красный пролетарий».

**Фещенко В.Н.**

**Ф44** СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Слесарные работы при изготовлении и ремонте машин. Книга 1 : учеб. пос. / В.Н. Фещенко. – М.: Инфра-Инженерия, 2013. - 464 с.:ил.

ISBN 978-5-9729-0053-4

Описано принципиальное устройство производственных машин, их основные сборочные единицы и принципы их действия. Способы их изображения в конструкторской документации и методы изложения технических требований к ним.

Приведены основные свойства железоуглеродистых и цветных металлов и сплавов и их применение для изготовления деталей машин.

Даны основные понятия о производственном процессе изготовления машин, уделено внимание организации труда слесаря и приведены методы выполнения слесарных работ при изготовлении (с обеспечением точности) деталей ручными способами, применяемыми в машиностроении.

Представлены методы организации ремонтных работ на предприятии, восстановления деталей при ремонте машин и механизмов и проверки оборудования после ремонта на технологическую точность.

Предназначено для учащихся профессионально-технических учебных заведений и студентов машиностроительных специальностей технических вузов. Может быть использовано при подготовке рабочих на производстве.

Подписано в печать 03.09.2012.

Формат 84x108/32. Бумага офсетная.

Гарнитура «Прагматика».

Объем 26,5 печ. л.

Тираж 1500 экз. Заказ №

© Фещенко В.Н., 2013

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2013

ISBN 978-5-9729-0053-4

## ВВЕДЕНИЕ

Работа слесарей начинается с момента передачи чертежей в производство. Только опираясь на их опыт и знания, можно осуществить создание новых конструкций, связанных с нанотехнологией. Только с помощью этих специалистов при доведении деталей до заданных параметров в чертежах можно обеспечить технические требования, которые не под силу современным металлорежущим станкам.

Работоспособность машин в период их эксплуатации также зависит от работы слесаря: от качества технического обслуживания и своевременного ремонта для обеспечения безаварийной работы. Вплоть до утилизации машины.

В этой книге приведен краткий круг вопросов, с которыми придется сталкиваться молодому специалисту слесарю-сборщику в будущей деятельности. Мы не пытались осветить все секреты мастерства - это невозможно. Но мы пытались рассказать, какими знаниями необходимо овладеть в практической деятельности с помощью старших товарищей, навыками и умением выполнять какую-то конкретную работу и назвали это "Слесарным делом".

Учебное пособие представлено в трех книгах:

книга 1 "**Слесарное дело. Слесарные работы при изготовлении и ремонте машин**";

книга 2 "**Слесарное дело. Механическая обработка деталей на станках**";

книга 3 "**Слесарное дело. Сборка производственных машин**".

Учебное пособие "Слесарное дело" составлено в соответствии с требованиями стандарта ОСТ 9 ПО 02.2.17-2002 и предназначается в качестве учебного пособия для начального и среднего профессионального образования в специальных

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Слесарные работы при изготовлении и ремонте машин

учебных заведений и для молодых рабочих, совершенствующих свое мастерство на машиностроительном производстве.

Приношу глубокую признательность и благодарность всем, кто поделился своим опытом, словом и делом принял участие в составлении данного учебного пособия и чьи наработки включены в это пособие.

Успехов и удачи!

Автор.

# ЧАСТЬ I

## **СЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

В век высокоразвитых технологий и вычислительной техники необходимы новые совершенные машины для производства продукции, в которой нуждается общество. Создание новой машины - это труд многих специалистов, вклад каждого из них уникален. В их числе находится специалист - слесарь.

Несмотря на высокий уровень оснащения машиностроительного производства, опытное производство экспериментальной и серийно изготавливаемой техники включает значительный объем высококвалифицированного ручного труда слесарей, которые изготавливают детали машин или доводят до готовности детали, изготовленные на металлорежущих станках.

Через руки этих специалистов проходит сборка всех опытных образцов машин, включая космические корабли, автомобили, приборы и многое другое, чем пользуется человек.

## **ГЛАВА 1 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МАШИНЫ И ИХ УСТРОЙСТВО**

### **1.1. МЕХАНИЗМЫ, МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

В своей деятельности человек создавал технические устройства, облегчающие труд и повышающие его физические возможности. Для приведения в действие этих устройств человек применял силу своих мускулов или преобразовал и использовал силы природы.

Так появились машины, которые состоят из привода, пре-

образующего различные виды энергии в энергию движения, исполнительных механизмов - рабочих органов, выполняющих полезную работу, и механических передач, которые передают энергию движения от приводной части машины к рабочим органам.

Приводом называют совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение рабочих органов. По виду источника энергии различают электрический, пневматический, гидравлический и другие приводы.

В электрическом приводе движение передается и преобразуется посредством электричества, в пневматическом - сжатым воздухом, а в гидравлическом - жидкостью под давлением.

Энергия движения в производственной машине передается, как правило, от электродвигателя к рабочим органам через взаимодействующие различные детали, которые преобразовывают вращательное движение электродвигателя в движение рабочих органов по определенной закономерности (вращательное другой частоты, поступательное, качательное, прерывистое и др.). Некоторые из деталей являются неподвижными и обеспечивают возможность взаимодействующим подвижным деталям преобразовывать и изменять механическую энергию и направление ее передачи внутри машины в движения рабочих органов. В некоторых случаях взаимодействующие детали для удобства их применения и в соответствии с их назначением конструктивно объединяются в сборочные единицы (узлы), представляющие собой отдельные устройства - механизмы.

Механизмы предназначены для передачи энергии с преобразованием механическими передачами скоростей и законов движения и с соответствующим изменением сил и моментов.

Например, в передней бабке токарного станка (рис. 1.1, а) размещены шестискоростная коробка скоростей и шпиндель 13, которые приводят во вращение обрабатываемую деталь, закрепляемую в кулачковом патроне. При выбранных глубине резания и подаче они обеспечивают, при участии различных механических передач, обработку детали на станке.

Вращение от электродвигателя 1 через ременную передачу 2 и муфту включения 3 передается на вал 5.

Блок из трех шестерен 7, 8 и 9, расположенный на валу 5, с помощью ременной передачи связан с рукояткой 17. Этой рукояткой блок шестерен вводится в зацепление с зубчатым

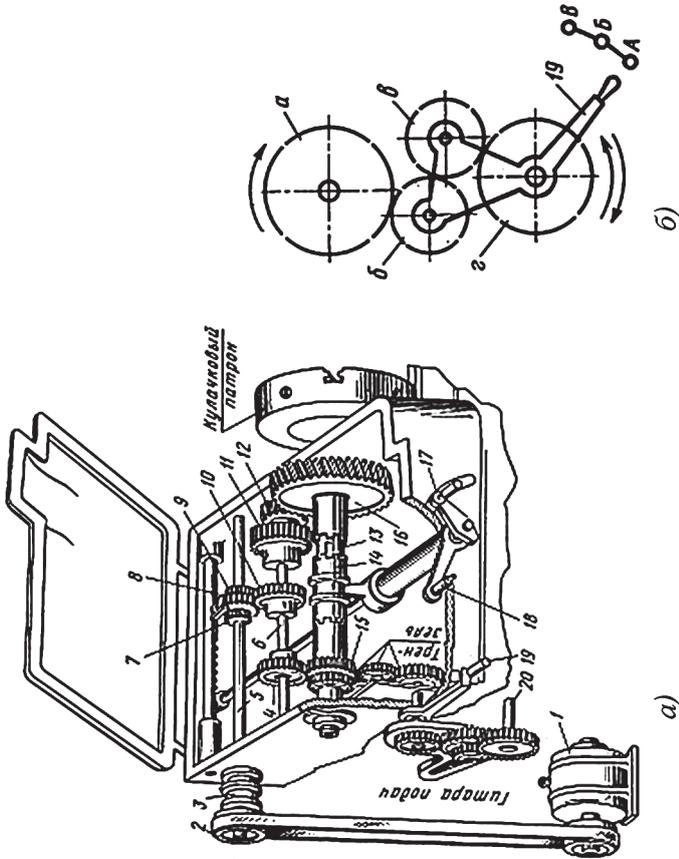


Рис. 1. 1. Механизмы:

а - коробка скоростей токарного станка; б - трензель

колесом 4 (или 10, или 11), жестко закрепленным на валу 6. Колеса 4 и 12 сопряжены соответственно с колесами 15 и 16, которые передают крутящий момент шпинделю через зубчатую муфту 14, соединенную с рукояткой 18. Если муфта передвинута вправо, то шпиндель получает вращение через зубчатое колесо 16, а если влево - через зубчатое колесо 15. Таким образом коробка скоростей обеспечивает шесть ступеней частоты вращения шпинделя.

Связь шпинделя и суппорта станка для обеспечения оптимального режима резания осуществляется с помощью механизма подач, состоящего из реверсирующего устройства (трэнзеля) и гитары, которые осуществляют изменение направления и скорости перемещения суппорта.

Привод этого механизма осуществляется от коробки скоростей через трэнзель (рис. 1.1, б), который состоит из четырех зубчатых колес а, б, в, г, связанных с рукояткой 19 (рис. 1.1, а), переключением которой осуществляется реверс (т. е. изменение направления вращения) вала 20 (приводного вала суппорта).

При крайнем нижнем положении рукоятки 19 (положение А) зубчатые колеса а, б, в, г соединены последовательно и направление вращения вала 20 совпадает с направлением вращения шпинделя. При верхнем положении рукоятки 19 (положение В) соединены только зубчатые колеса а, в, г и направление вращения вала 20 изменяется на противоположное. В среднем положении рукоятки 19 (положение Б) зубчатые колеса б и в не соединяются с зубчатым колесом а и вал 20 не вращается.

С помощью гитары устанавливают (настраивают) зубчатые колеса с определенным передаточным отношением, которым задается частота вращения вала 20 для обеспечения необходимого перемещения суппорта на один оборот шпинделя.

## **1.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ**

Широкое применение в машинах механических передач определяется необходимостью:

- 1) при оптимальной частоте вращения электродвигателя получить частоту вращения, требуемую для рабочего органа машины;
- 2) большинство технологических и транспортных машин требует регулирования частоты вращения; между тем регу-

лирование частоты вращения электродвигателем оказывается не всегда возможным и экономичным;

3) электродвигатели выполняются для равномерного вращательного движения, а в машинах часто оказывается необходимым поступательное, винтовое и другие виды движения, движение с заданным законом изменения скоростей и т.д.;

4) электродвигатели из условия габаритов, техники безопасности и т. д. не всегда могут быть непосредственно соединены с рабочими органами машины.

Механические передачи в машинах применяются для передачи и преобразования вращательного движения, а также для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот.

**Ременные передачи** в машинах применяют в основном для изменения частоты вращения при передаче движения от электродвигателя к коробке скоростей.

Ременная передача состоит из ведущего А и ведомого В шкивов и соединяющего их бесконечного ремня (рис. 1.2, а), который может быть плоским (рис. 1.2, б), состоять из набора клиновых ремней (рис. 1.2, в), поликлиновым (1.2, г) и зубчатым (1.2, д).

Оба шкива ременной передачи вращаются в одну сторону. Частота вращения ведомого шкива может быть больше или меньше частоты вращения ведущего в зависимости от соотношения диаметров шкивов.

Отношение частоты  $n_A$ , вращения ведущего шкива к частоте  $n_B$ , вращения ведомого шкива называют передаточным отношением  $u$  ременной передачи, которое обратно пропорционально отношению диаметров шкивов:  $u = n_A/n_B = D_B/D_A$ .

**Цепная передача** служит для изменения частоты вращения при передаче вращения от ведущего вала к ведомому, расположенным на значительном расстоянии друг от друга.

В отличие от ременных цепные передачи работают при меньших окружных скоростях и передают значительные мощности без проскальзывания. Цепная передача (рис. 1.3, а) состоит из звездочек 1, насаженных на ведущий и ведомый валы и соединенных втулочно-роликовой цепью.

Цепь состоит из наружных 2 и внутренних 3 звеньев, соединенных втулкой 6 с роликом 4 на оси поворота 5. Звездочки могут быть соединены также зубчатой цепью (рис. 1.3 б), которая по своей работоспособности превосходит втулочно-

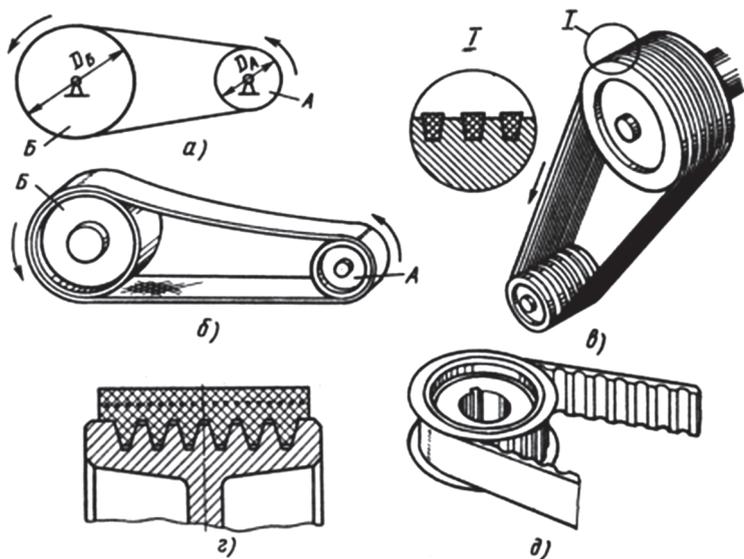


Рис. 1.2. Ременные передачи (а-д)

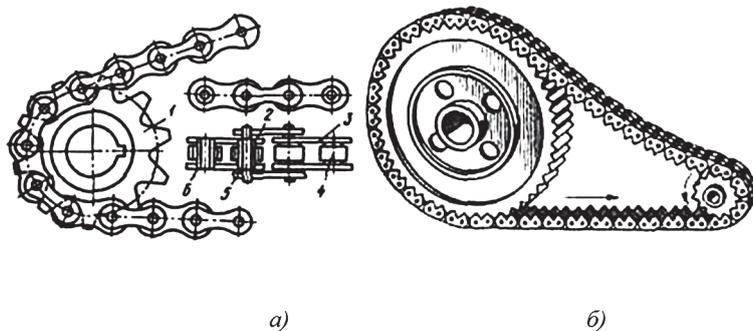


Рис. 1.3. Цепная передача с цепью:  
а - втулочно-роликовой; б - зубчатой

роликовые и работает при больших окружных скоростях и при меньшем шуме.

Передаточное отношение цепной передачи определяют по формуле  $u = n_1/n_2 = z_2/z_1$ , где  $n_1$  и  $n_2$ ,  $z_1$  и  $z_2$  – соответственно частота вращения и число зубьев ведущей и ведомой звездочек.

**Зубчатые передачи** (рис. 1.4) используют для изменения частоты и направления вращения при передаче движения от ведущего к ведомому валу, которые могут быть расположены параллельно друг к другу или под углом.

Передаточное отношение зубчатых колес, находящихся в зацеплении, определяют по формуле  $u = n_2/n_1 = z_2/z_1$ , где  $n_2$  и  $n_1$  – соответственно частота вращения ведомого и ведущего зубчатых колес, а  $z_2$  и  $z_1$  – соответственно число их зубьев.

Зубчатые колеса, зубья которых располагаются параллельно оси вращения, называются прямозубыми цилиндрическими и могут быть наружного (рис. 1.4, а) и внутреннего (рис. 1.4, б) зацепления. У косозубых зубчатых колес зубья (для увеличения длины контакта) располагают под углом к оси вращения (рис. 1.4, в). Для передачи вращения валом, расположенным под углом, служат конические передачи (рис. 1.4, г),

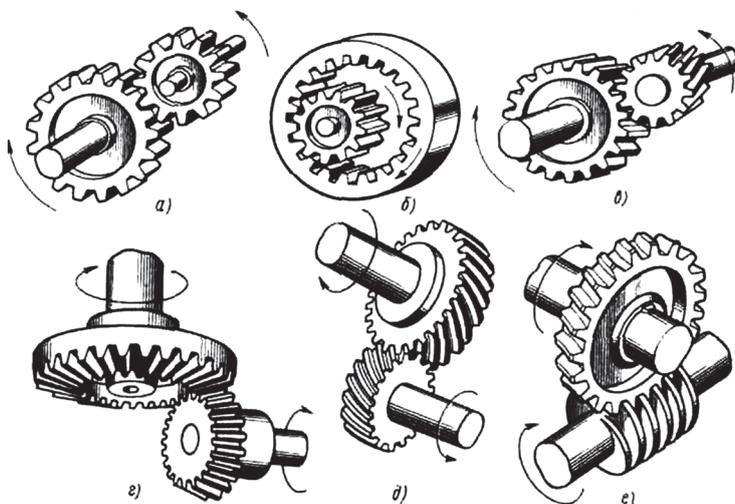


Рис. 1.4. Зубчатые передачи (а-е) для вращательных движений

которые могут быть выполнены с прямым и криволинейным зубом. Винтовые (рис. 1.4, д) и червячные (рис. 1.4, е) передачи соединяют валы с перекрещивающимися валами.

**Реечную передачу** используют для преобразования вращательного движения в поступательное (рис. 1.5; а, в). Она может быть выполнена с прямозубым или косозубым зацеплением цилиндрического колеса с рейкой.

Перемещение рейки определяют по формуле  $S=2\pi mzn$ , где  $m$  - модуль,  $z$  - число зубьев колеса,  $n$  - частота вращения зубчатого колеса. Для реечной передачи с червяком (рис. 1.5, в) перемещение рейки определяют по формуле  $S=\pi mzn$ , где  $z$  - число заходов червяка.

**Винтовую передачу** используют также для преобразования вращательного движения в поступательное, она состоит из винта и гайки (рис. 1.5, б). При одном обороте винта или гайки сопрягаемый элемент перемещается на шаг резьбы.

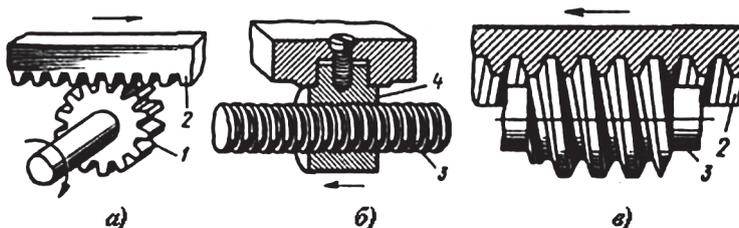
В винтовой передаче ведущим звеном может служить как винт, так и гайка.

Наиболее распространенной является передача от винта к гайке.

В этом случае ведущим звеном является винт, который только вращается, преобразуя вращательное движение в поступательное движение гайки.

Гайки винтовой передачи в станках имеют две основные конструкции - неразъемные и разъемные.

Две половины разъемной гайки 1 помещены в прямолинейные направляющие 5, в которых они перемещаются. Раз-



**Рис. 1.5. Зубчатые передачи для преобразования вращательного движения в поступательное:**

а - реечная с цилиндрическим зубчатым колесом; б - винтовая с гайкой скольжения; в - реечная с червяком:

1 - колесо; 2 - рейка; 3 - винт; 4 - гайка; 5 - червяк

мыкание гайки производится с помощью поворотного диска 5 со спиральными торцовыми канавками, в которые входят штифты 2 от половин гайки (рис. 1.6).

При повороте рукоятки 4 раздвижные половины гайки 1 расходятся или сходятся, охватывая ходовой винт.

В винтовой паре скольжения затрачиваются значительные усилия на преодоление сил трения, которые приводят к износу витков сопрягаемых элементов и увеличению зазоров.

Для обеспечения точности и стабильности поступательного перемещения рабочих органов применяют передачу винт - гайка качения, у которой винт и гайка сопрягаются посредством

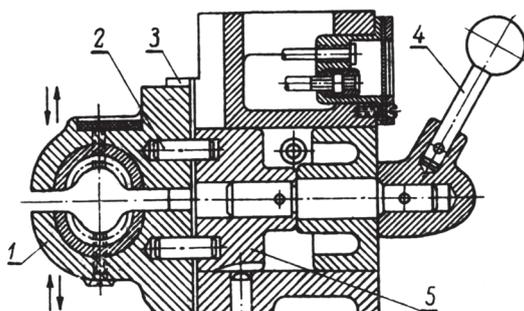


Рис. 1.6. Винтовая передача с разъемной гайкой

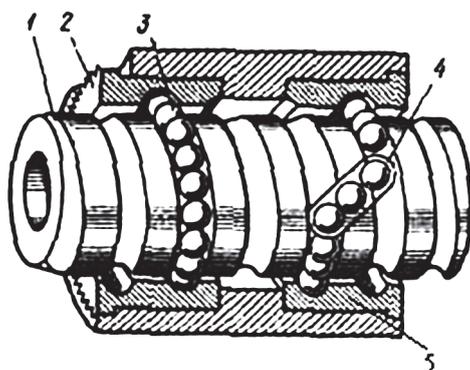


Рис. 1.7. Передача винт-гайка качения

шариков и обеспечивают высокую осевую жесткость и равномерность движения.

В передаче винт - гайка качения (рис. 1.7), между рабочими винтовыми поверхностями винта 1, гайки 2 и гайки 5 помещены стальные шарики 3. При вращении винта шарики перекатываются по винтовой поверхности винта и гайки и передают поступательное перемещение закрепленным в корпусе гайкам 2 и 5.

При движении скорость перемещения шариков отличается от скорости ведущего и ведомого звеньев, поэтому необходимо обеспечить постоянную циркуляцию шариков. Для этого концы рабочей части резьбы гайки соединены возвратным каналом, помещенным во вкладыше 4. При движении шарики перекатываются через выступ резьбы винта и снова входят в рабочую зону, циркулируя в пределах соединенных витков гайки. Выборку зазора в передаче осуществляют поворотом гайки 2 относительно гайки 5. Эти гайки создают натяг, обеспечивающий большую осевую жесткость.

**Кривошипно-шатунный механизм** (рис. 1.8) преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное (поршневые насосы и компрессоры, кривошипные прессы, пневматические молоты, механизмы подачи станков и др.) и наоборот (двигатели внутреннего сгорания, паровые машины и др.).

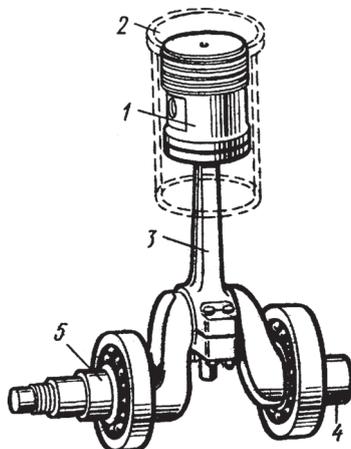
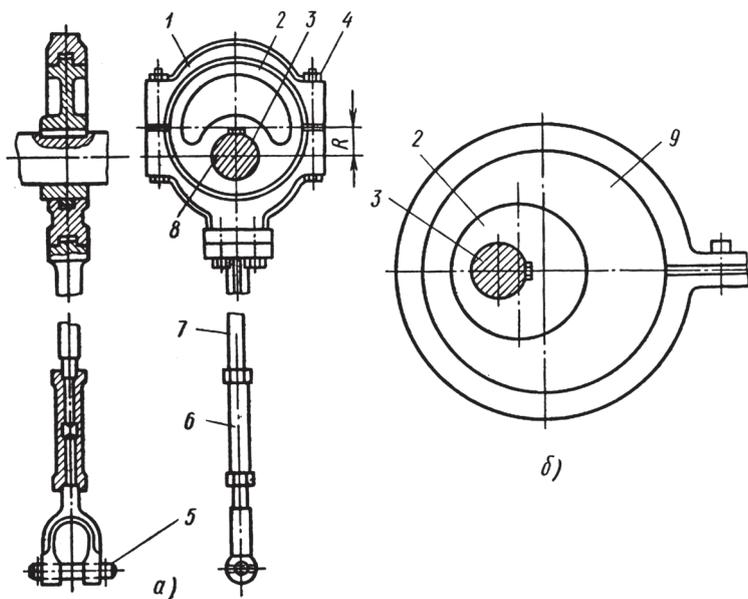


Рис. 1.8. Кривошипно-шатунный механизм

Механизм состоит из кривошипного диска или коленчатого вала, с которым соединен шатун 3 с поршнем 1. На поршень надеты поршневые кольца. Поршень перемещается в гильзе 2 цилиндра. Коленчатый вал коренными шейками 4 и 5 располагается в подшипниках. При вращении вала поршень получает возвратно-поступательное движение. Вместо поршня может быть ползун, перемещающийся в прямолинейных направляющих.

**Эксцентрик** служит для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное. Его применяют в станках, штамповочных прессах, в золотниковом и клапанном распределении машин-двигателей. Эксцентрик представляет собой разновидность кривошипно-шатунного механизма с небольшим радиусом кривошипа.

Разъемный эксцентрик (рис. 1.9, а) имеет круглый диск (эксцентрик) 2, сидящий на шпонке 8 и на валу 3. Оси вала и диска не должны совпадать. Расстояние между



**Рис. 1.9. Эксцентрик** механизмы:

а - с разъемным хомутом; б - с механизмом для регулировки эксцентриситета

осями (эксцентриситет) является радиусом кривошипа. Диск охватывается разъемным хомутом 1, скрепляемым болтами 4. С хомутом соединяется шатун 7 (и тяга 6), вилка которого через палец 5 шарнирно соединяется с ползуном, получающим возвратно-поступательное движение (например, с ползуном пресса или с золотником распределения).

Эксцентриковый механизм может быть с двумя эксцентриками для регулировки эксцентриситета (рис. 1.9, б). Внутренний эксцентрик 2 сидит на валу 3 и охватывается внешним эксцентриком 9, который можно поворачивать и закреплять в различных положениях, что приводит к изменению эксцентриситета, а следовательно, и изменению длины хода ползуна. Применяется эксцентриковый механизм в золотниковых парораспределителях и регуляторах нефтяных двигателей. Эксцентрики изготавливаются из чугуна или из углеродистой стали. Внутреннюю поверхность хомута заливают баббитом.

**Фрикционные передачи** применяют для бесступенчатого изменения частоты вращения при передаче движения от ведущего к ведомому валу.

В фрикционном вариаторе используют специальные клиновидные ремни или стальные кольца, которыми соединяют ведущие и ведомые раздвижные конусные шкивы (рис. 1.10).

Осевое сближение одной пары конусных шкивов вызывает осевое удаление другой пары шкивов. Этим соответственно изменяются радиусы контактов  $r_1$  и  $r_2$  ремня со шкивами, чем

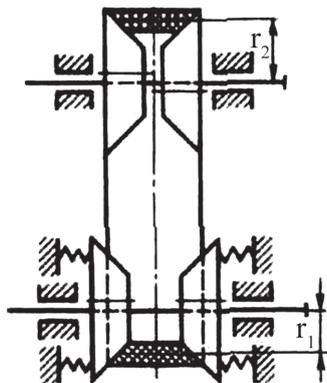


Рис. 1.10. Фрикционный вариатор

определяется изменение передаточного отношения  $u = r_1 / r_2$ .

Пределы изменения частоты вращения выходного вала характеризуются диапазоном регулирования  $D = u_{\max} / u_{\min}$ . Для вариаторов с клиновидными ремнями  $D = 8 \div 15$ .

**Передача храповым зацеплением** позволяет в широком диапазоне изменять частоту вращения или перемещение рабочего органа машины, связанного храповым механизмом (рис. 1.11). Конструкции и область применения храповых механизмов разнообразны.

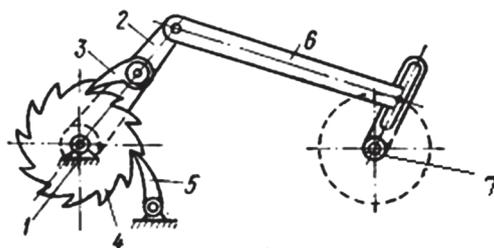
**Муфты** служат для постоянного или периодического соединения валов между собой (с зубчатыми колесами и шкивами), чтобы передать вращение без изменения направления и частоты вращения.

Втулочная муфта (рис. 1.12, а) предназначена для передачи вращения с вала 1 на вал 11 с помощью втулки 1 и шпонок 2.

Втулочно-пальцевая муфта (рис. 1.12, б) состоит из полумуфт 3 и 4. С помощью резиновых колец 5, установленных на пальцах 6, муфта амортизирует ударную нагрузку, передаваемую с вала 1 на вал 11. Упругая муфта смягчает толчки и удары.

Если оси ведущего и ведомого валов расположены со смещением от оси вращения, то применяют муфту (рис. 1.12, в), каждая половина которой жестко закреплена на конце вала. Полумуфты 1 и 3 сопряжены между собой диском 7, имеющим крестообразно расположенные выступы, которые входят в пазы полумуфт.

Зубчатую муфту применяют для периодического соединения валов (рис. 1.12, г). Левая полумуфта 3 при перемещении вправо наружными зубьями входит в зацепление с внутренними зубьями правой полумуфты 4. Зубчатая муфта является



**Рис. 1.11. Передача храповым зацеплением:**

- 1 - ведомый вал; 2 - качающийся рычаг с защелкой 3; 4 - храповое колесо;  
5 - фиксатор; 6 - кулиса; 7 - ведущий вал

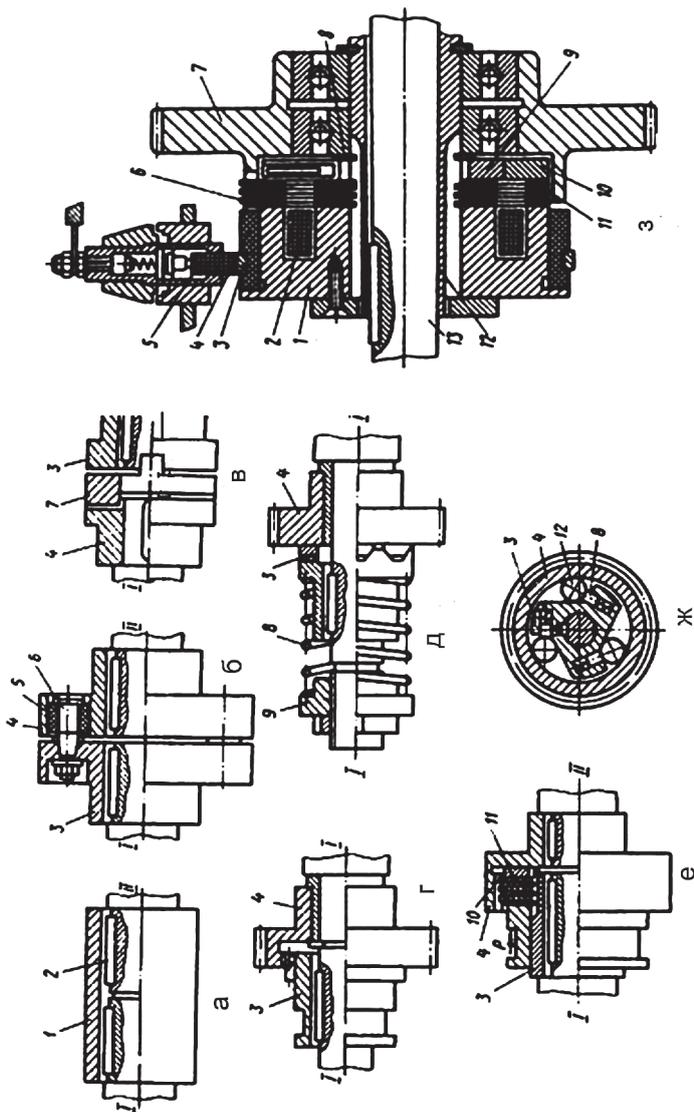


Рис. 1.12. Муфты (а-з)

универсальной компенсирующей муфтой, которая допускает в определенных пределах осевое, радиальное и угловое смещения валов за счет зазора в зацеплении полумуфт 3 и 4 с внутренними и наружными зубьями.

В кулачковой муфте (рис. 1.12, д) вращение передается через кулачки полумуфт 3 и 4, которые сопрягаются силой пружины 8, регулируемой гайкой 9 с шайбой. При перегрузках скошенные поверхности кулачков позволяют раздвигать полумуфты и нарушать синхронность вращения валов.

В фрикционной муфте (рис. 1.12, е) передачу вращения выполняют фрикционные диски. Диски 10 с внутренними выступами соединены с полумуфтой 3, а диски 11 с наружными выступами - с полумуфтой 4. Величина передаваемой нагрузки с вала 1 на вал 11 определяется силой  $P$  сжатия дисков.

Механизмы обгона применяют в тех случаях, когда валу, имеющему медленное вращение, требуется периодически сообщать быстрое вращение. Обгонная муфта (рис. 1.12, ж) соединяется полумуфтой 3 с одним валом и полумуфтой 4 - с другим. Между полумуфтами располагаются ролики 12, которые заклиниваются между полумуфтами усилием пружины 8 при вращении полумуфты 3 по часовой стрелке. При вращении полумуфты 4 в том же направлении, но с большей частотой, ролики 12 увлекаются движением полумуфты 4 в более широкую часть выемки, при этом полумуфта 4 свободно вращается относительно полумуфты 3.

Многодисковая электромагнитная муфта (рис. 1.12, з) состоит из корпуса 1, который вращается вместе с валом 13, катушки 2, дисков вращающихся с корпусом 1, и дисков 6, размещенных между дисками 11 и вращающихся вместе с зубчатым колесом 7, якорей 9 и 10 и стопорного кольца 8. Питание муфты осуществляется через щетку 5 и токосъемники 3 и 4.

При выключенной муфте зубчатое колесо 7 свободно вращается на втулке 12 вала 13 на подшипниках. При включенной муфте якоря 9 и 10 прижимают диски 6 и 11 к корпусу 1. Форма дисков и их малая толщина обеспечивают большое магнитное сопротивление в радиальном направлении. Таким образом обеспечивается передача вращения от вала 13 через втулку 12 зубчатому колесу. Однодисковые муфты работают по такому же принципу.

**Реверсивные и кулачковые механизмы** служат для изменения направления движения механизмов станка. Чаще всего

реверсирование осуществляется с помощью цилиндрических или конических зубчатых колес.

В механизме с цилиндрическими зубчатыми колесами (рис. 1.13, а) муфта М может соединить с верхним валом зубчатое колесо  $z_1$ . При этом вращение будет передаваться с верхнего вала через муфту М и зубчатую передачу  $z_1$  и  $z_2$  на нижний вал. Если муфта М соединяет с верхним валом зубчатую передачу  $z_3$ ,  $z_3'$  и  $z_4$ , нижний вал вращается в противоположном направлении.

Реверсивный механизм, изображенный на рис. 1.13, б, изменяет направление вращения нижнего вала при перемещении скользящего колеса  $z_2$ , которое входит в зацепление с колесом  $z_1$  или колесом  $z_4$ .

На рис. 1.13, в показана кинематическая схема реверсивного механизма, у которого изменение направления вращения нижнего вала может быть осуществлено зацеплением скользящего блока зубчатых колес  $z_1$  и  $z_3$  либо с зубчатыми колесами  $z_4$ , либо с паразитным зубчатым колесом  $z_2'$ .

На рис. 1.13, г показана схема реверсивного механизма, составленного из конических зубчатых колес и кулачковой муфты. Направление вращения горизонтального вала изменяется переключением кулачковой муфты.

Кулачковые механизмы служат для преобразования вра-

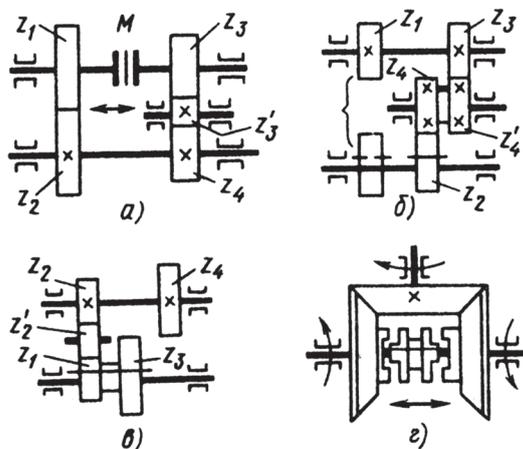


Рис. 1.13. Кинематические схемы (а-г) реверсивных механизмов

щательного движения кулачка в поступательное перемещение механизмов или рабочих органов машины. В кулачковых механизмах применяются плоские (рис 1.14, а), цилиндрические (рис. 1.14, б) или торцовые кулачки (рис. 1.14, в).

### 1.3. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРЫ, КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА

Для рассмотрения процесса передачи механической энергии внутри машины взаимодействующие детали и сборочные единицы принято рассматривать парами.

Кинематической парой называют подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев. Свойства пары зависят от формы тех поверхностей, которыми звенья соприкасаются при своем возможном относительном движении. Пара, в которой отсутствует относительное движение между соприкасающимися звеньями, называется соединением. Звенья могут состоять из отдельных деталей или нескольких деталей, неподвижно скрепленных друг с другом.

В кинематических парах следует различать ведущие и ведомые звенья. Звено, задающее движение в кинематической паре, называют ведущим, а звено, получающее, движение, - ведомым или иногда рабочим.

Система подвижно соединенных звеньев представляет собой кинематическую цепь. Если кинематическая цепь предназначена для получения вполне определенных движений

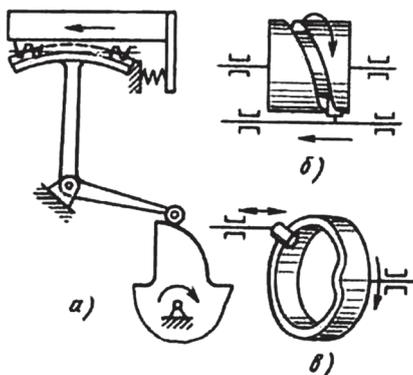


Рис. 1.14. Кулачковые механизмы

ведомых звеньев, ее называют механизмом. Для графического изображения кинематических пар применяют условные обозначения (табл. 1.1).

Кинематические цепи, вычерченные с использованием условных обозначений кинематических пар, называют кинематическими схемами. Кинематические схемы представляют собой систему последовательно расположенных взаимодействующих звеньев, связывающих рабочие звенья с источником движения (рис. 1.15).

На рис. 1.15 приведена упрощенная кинематическая схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке. Главное движение (вращение шпинделя с заготовкой 1) осуществляется от электродвигателя  $M$  через ременную передачу со шкивами  $d_1$  и  $d_2$ , зубчатые колеса  $z_1$  и  $z_2$ , сменные зубчатые колеса  $a'$  и  $b'$ , зубчатые колеса  $z_3$  и  $z_4$ . Продольное перемещение резца (движение подачи) производится передачей вращения от шпинделя через зубчатые колеса  $z_5$  и  $z_6$ , винтовые конические колеса  $z_7$  и  $z_8$ ,  $z_9$  и  $z_{10}$ ; сменные зубчатые колеса  $a$  и  $b$ ,  $c$  и  $d$  к ходовому винту 3. Вращательное движение ходового винта преобразуется в поступательное перемещение суппорта 2 с резцом.

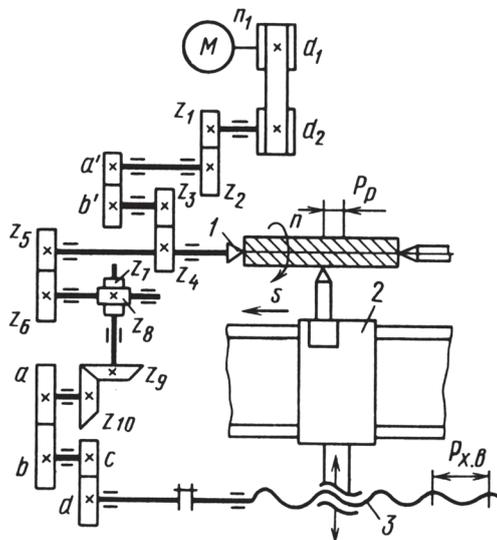
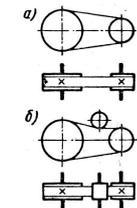
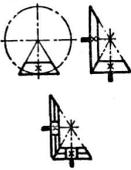
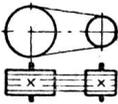
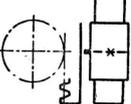
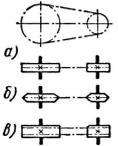
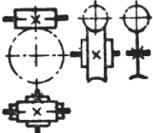
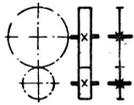
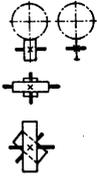
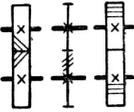
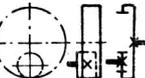
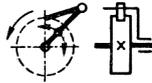


Рис 1.15. Упрощенная кинематическая схема токарно-винторезного станка

Таблица 1.1

**Условные обозначения кинематических пар механических передач**

<p>Передачи плоским ремнем:  <i>a</i> — открытая;  <i>б</i> — открытая с натяжным роликом</p>		<p>Коническая передача — зубчатое зацепление между валами, оси которых пересекаются (обозначение без уточнения типа зубьев)</p>	
<p>Передача клиновидными ремнями</p>		<p>Передача реечная (обозначение, без уточнения типа зубьев)</p>	
<p>Передача цепью:  <i>a</i> — общее обозначение без уточнения типа;  <i>б</i> — роликовой,  <i>в</i> — бесшумной</p>		<p>Передача червячная с цилиндрическим червяком</p>	
<p>Передачи зубчатые (цилиндрические) между параллельными валами:  <i>a</i> — внешнее зацепление (обозначение без уточнения типа зубьев);</p>		<p>Передача зубчатая винтовая</p>	
<p>то же,  <i>б</i> — с винтовыми и прямыми зубьями;</p>		<p>Передача винт-гайка скольжения:  <i>a</i> — неразъемная  <i>б</i> — разъемная</p>	
<p>то же,  <i>в</i> — внутреннее зацепление</p>		<p>Передача храповым зацеплением</p>	

#### 1.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Гидравлический привод (или, сокращенно, гидропривод) широко применяется в производственных машинах, механизмах, в том числе в металлорежущих станках. Если в электроприводе электроэнергия поступает от внешнего источника, то в гидроприводе источник энергии - движение жидкости под давлением создается преобразованием других видов энергии - в основном электричества.

Гидравлический привод состоит (рис. 1.16) из бака 1 с рабочей жидкостью, гидронасоса 2, контрольно-регулирующей и распределительной гидроаппаратуры (дросселя 3, гидрораспределителя 4 и предохранительного клапана 6) и исполнительного устройства (гидродвигатель, гидроцилиндр и др.) 5, которым приводится в действие рабочий орган производственной машины.

**Рабочая жидкость** – минеральное масло марок ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38 и др., которое применяется в гидравлическом приводе станков для передачи движения и скорости силовому органу.

Масло, применяемое в качестве рабочей жидкости, должно быть однородно по химическому составу, иметь высокую температуру вспышки, низкую температуру застывания и не должно содержать водорастворимых кислот и щелочей, т.к. они вызывают коррозию и появление мылообразующих жиров, образующих пену, которая является причиной неравномерного движения силового органа.

Установившаяся температура масла в баке гидросистемы во время работы не должна превышать 55° С, 70° С и т.д., если в технических условиях или заменяющих их технических документах на конкретный станок не предусматривается меньшее значение.

Температура масла в гидробаке должна быть не более 70° С, если выделяемое гидросистемой тепло не оказывает существенного влияния на точность работы станка.

**Гидронасос** – устройство, всасывающее рабочую жидкость из гидробака и нагнетающее ее в гидросистему. Гидронасос в производственных машинах приводится в действие электродвигателем.

По принципу действия, т.е. по способу передачи механической энергии жидкости, насосы подразделяются на объемные (пор-

шневые, пластинчатые, шестеренчатые, винтовые) и центробежные. Основными величинами, характеризующими работу насоса, являются производительность, давление, потребляемая мощность, коэффициент полезного действия и высота всасывания.

Производительностью насоса называется объемное количество жидкости, подаваемое насосом в единицу времени. Оно обозначается  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , л/с).

Энергия жидкости в гидросистеме характеризуется давлением. За единицу давления принимается давление, получающееся при действии силы в  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Эта единица давления называется технической атмосферой и обозначается ата. В СИ килограмм-сила на квадратный сантиметр будет равна  $100 \text{ кПа}$ .

Полезная мощность всегда меньше потребляемой за счет потерь, возникающих в насосе. Более высокие значения КПД соответствуют насосам больших размеров. Для поршневых насосов КПД составляет  $0,60-0,92$ , для осевых -  $0,7-0,85$ .

**Исполнительные устройства** предназначены для преобразования энергии потока жидкости в механическую энергию вращательного, возвратно-поступательного или возвратно-поворотного (качательного) движения выходного звена (поршня со штоком или лопасти с валом) и связанных с ним устройств.

**Контрольно-регулирующая и распределительная гидроаппаратура** предназначена для управления исполнительным устройством, т.е. для регулирования скорости вращения гидродвигателя, для регулирования скорости перемещения штока гидроцилиндра и величины усилия за счет изменения коли-

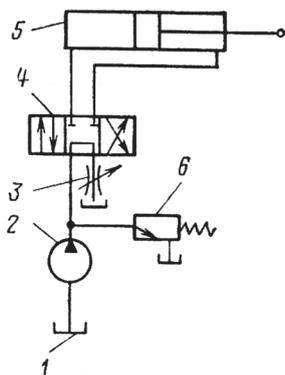


Рис. 1.16. Схема гидропривода

чества и направления жидкости, протекающей в единицу времени через трубопровод, и давления жидкости в отдельных полостях гидропривода.

**Трубопровод** предназначен для соединения всех устройств гидропривода. По трубопроводу перемещается рабочая жидкость.

#### 1.4.1. Устройство гидробака

Гидробак - герметичная емкость сварной конструкции, предназначенная для питания гидросистемы маслом; он может быть расположен вне станка (рис. 1.17), а также может быть выполнен в нише станины станка.

Масло в гидробак заливают через фильтр 5, защищающий бак от попадания грязи при заливке масла.

Между сливным 4 и всасывающим 2 патрубками обычно располагаются перегородки, которые исключают прямой ток масла между патрубками 4 и 2, что позволяет осесть тяжелым частицам по пути к всасывающему патрубку 2. Обычно дно в гидробаке выполняется наклонным в сторону сливного патрубка, где располагается сливное отверстие. В низкой части дна бака собирается осадок из продуктов износа элементов гидросистемы, загрязнений и других примесей.

На крышке бака установлен сапун 3 (защитное устройство в виде грибка, снабженное фильтром), предназначенный для отвода из бака газообразных примесей, выравнивания давления (внутри и снаружи бака) и защиты от попадания в бак стружки, эмульсии и пыли из цеха (рис. 1.17, б).

Масло в гидробаке должно находиться на определенном уровне Н, контроль которого осуществляется индикаторами. Для улавливания продуктов износа, взаимодействующих стальных деталей гидропривода, в стенку бака иногда ввертывают магнитную пробку. Постоянство температуры масла в гидробаке обеспечивается нагревательными и охлаждательными установками.

Обычно гидробак является основанием для установки гидронасоса с электродвигателем, фильтра и защитно-регулирующей аппаратуры. Такую установку называют станцией.

#### 1.4.2. Гидронасосы

**Поршневые насосы** применяются в гидроприводах промышленного оборудования в тех случаях, когда необходимо

получить высокое рабочее давление масла.

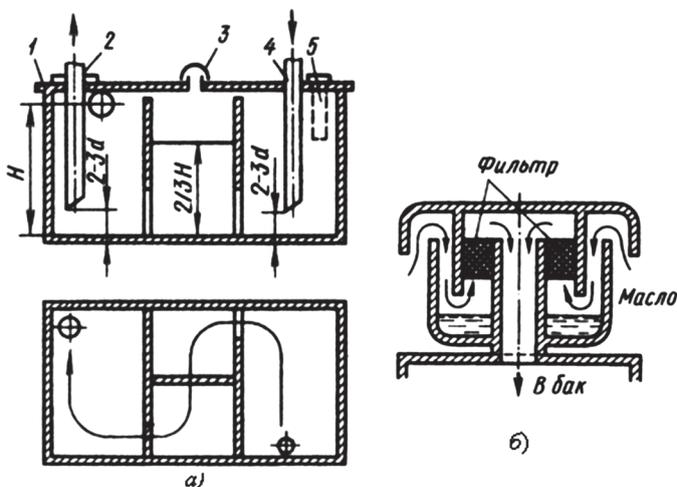
Наибольшее распространение нашли аксиально-поршневые насосы (рис. 1.18).

В расточках ротора 1 перемещаются поршни 2, которые через шатуны 4 связаны с шайбой 5, наклоненной к валу 3 под углом  $\alpha$ . Вал 3 связан с шайбой 5 шарнирно, а с ротором 1 - шлицами. При вращении ротора 1 вместе с шайбой 5 наклон шайбы сохраняется, и поэтому поршни совершают возвратно-поступательное движение.

При этом под одним поршнем образуется разрежение и масло по каналам 8 и 9 всасывается из бака в цилиндр, а другой поршень сжимает масло, которое по каналам 6 и 7 нагнетается из цилиндра в напорную магистраль. Объем поступающего в напорную магистраль масла можно регулировать изменением угла  $\alpha$  наклона шайбы 5. При  $\alpha = 90^\circ$  подача масла в напорную магистраль прекращается.

**Шестеренчатые насосы.** Эти насосы бывают низкого, среднего и высокого давления.

Шестеренчатые насосы низкого давления применяют в системах смазки и охлаждения станков. Насосы среднего давления применяют в гидравлических системах шлифовальных, фрезерных и других станков. Насосы высокого давления при-



**Рис. 1.17. Гидробак:**  
а - схема устройства гидробака; б - сапун

меняют в гидравлических системах сверлильно-расточных, протяжных, токарных и фрезерных станков.

Шестеренный насос внешнего зацепления (рис. 1.19) состоит из двух зубчатых колес, которые находятся в зацеплении и установлены с минимальным зазором между вершинами зубьев колес и цилиндрическими расточками в корпусе. От ведущего зубчатого колеса 1 приводится во вращение ведомое зубчатое колесо 3. Масло, попадая в полости между зубьями и корпусом, переносится из зоны 5 в зону 2. В зоне 5 образуется разрежение, и масло по каналу 4 всасывается в нее. В зоне 2 зубья колес входят в зацепление и вытесняют масло из впадин между зубьями, в результате чего масло нагнетается в магистраль, соединенную с полостью 2.

Насосы, у которых зубчатые колеса имеют 5–10 зубьев, применяют для систем охлаждения. В гидроприводах используют зубчатые колеса с 10–20 зубьями.

**Лопастные-пластинчатые насосы.** Эти насосы применяют в гидросистемах сверлильно-расточных, токарных, фрезерных, протяжных и других станков.

Пластинчатый насос (рис. 1.20) состоит из статора 1 и ротора 2. В радиальных пазах ротора помещены пластины 3. Оси ротора и статора расположены с эксцентриситетом  $e$ .

При вращении ротора пластины в его пазах совершают возвратно-поступательное движение, прижимаясь торцами (под действием центробежных сил и силы давления жидкости) к поверхности статора.

В результате объемы пространства между пластинами изменяются. При увеличении объемов создается разрежение, и жидкость, поступающая из масляного бака по трубопроводу через

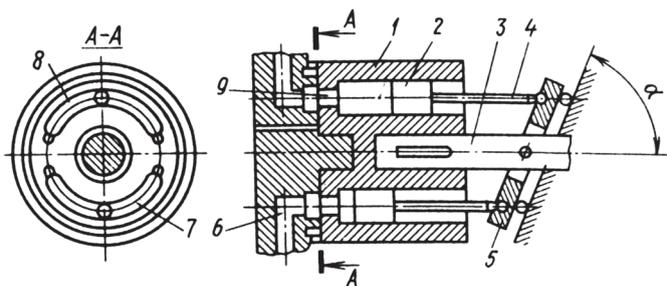


Рис. 1.18. Аксиально-поршневой насос

отверстия в торцовых крышках, заполняет пространство между пластинами. При уменьшении объемов пространства жидкость вытесняется через отверстия в торцовых крышках в напорную магистраль. Изменяя эксцентриситет  $e$ , можно регулировать поток жидкости при неизменной частоте вращения ротора. При  $e=0$  объемы пространства, заключенные между пластинами 3, не изменяются и подачи жидкости нет.

**Винтовые насосы.** Во многих отраслях промышленности винтовые насосы начали вытеснять шестеренчатые благодаря ряду преимуществ: небольшие размеры и масса, бесшумность, отсутствие взбалтывания перекачиваемой жидкости, способность к перекачиванию жидкостей с самой различной вязкостью, большая допустимая скорость вращения, что позволяет прямое соединение с быстроходными электродвигателями. Конструкция винтового насоса проста, и для сборки не требует высокой квалификации слесаря-сборщика.

Камеры всасывания 10 винтовых насосов (рис. 1.21, а) и нагнетания 4 располагаются по торцам винтовых роторов, а по цилиндрическим поверхностям роторы плотно охватываются корпусом насоса (рис. 1.21, б).

Рабочим органом винтовых насосов является ротор 5, который представляет собой винт, имеющий резьбу специального профиля.

Этот ротор является ведущим. Он своей резьбой вступает в зацепление по всей длине с витками резьбы двух, трех и девяти или более роторов, которые являются ведомыми. Осевые линии роторов могут быть расположены параллельно или под определенным углом, т.е. в первом случае роторы имеют

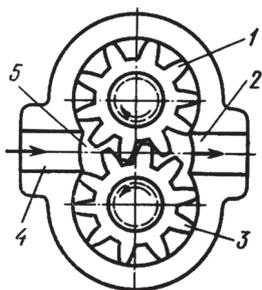


Рис. 1.19. Шестеренчатый насос

цилиндрическую форму, а во втором - коническую.

Рабочая жидкость, находящаяся во всасывающей полости 10, поступает в раскрывающуюся винтовую впадину каждого ротора. При дальнейшем вращении ротора эта впадина замыкается выступающими витками других роторов, которые проталкивают жидкость, находящуюся во впадине, к нагнетательной полости 4.

Для надежной работы винтовых насосов необходимо в максимальной степени исключить возможность перетекания жидкости из нагнетательной камеры во всасывающую. Так как эти камеры разделены роторами, необходимо обеспечить герметичность в зацеплении (рис. 1.21, б) впадин и наружного диаметра витков ( $D_n$  и  $d_v$ ,  $D_v$  и  $d_n$ ), а также прилегание витков резьбы по их наружной поверхности ( $D_n$  и  $d_n$  с допуском  $h5$ ) к расточке в корпусе насоса (с допуском  $H6$ ).

### 1.4.3. Исполнительные устройства

Исполнительные устройства, называемые гидродвигателями, служат для преобразования энергии масла в гидросистеме в механическую, используемую для перемещения рабочих органов. В металлорежущих станках в качестве гидродвигателей применяются гидроцилиндры, роторные и пластинчатые гидродвигатели и др.

В принципе все рассмотренные гидронасосы можно превратить в гидродвигатели, если снять с них электродвигатель и в рабочее пространство подать жидкость с определенным давлением и скоростью. В шестеренчатом насосе жидкость

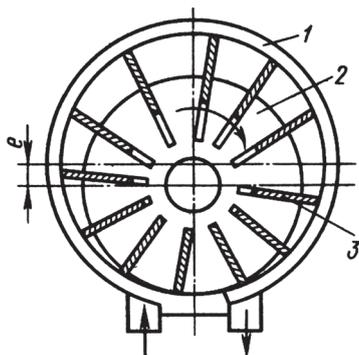


Рис. 1.20. Пластинчатый насос



вращала бы зубчатые колеса, в лопастном насосе - ротор с лопастями, а в поршневых насосах поршни приводили бы во вращательное движение ротор.

**Гидропривод вращательного движения** представляет собой комбинацию двух насосов, из которых один работает в качестве насоса, а другой - в качестве гидродвигателя.

Существуют несколько разновидностей гидроприводов вращательного движения: комбинация из двух шестеренчатых насосов, из двух лопастных насосов и, наконец, из двух плунжерных насосов.

Регулирование чисел оборотов на выходе гидропривода производится уменьшением или увеличением давления и, соответственно, расхода масла в гидродвигателе.

Наиболее эффективно применение поршневых гидроприводов (рис. 1.22), где аксиально-поршневой насос 1 и аксиально-поршневой гидродвигатель 4 размещены в одном корпусе 3.

В корпусе размещены также каналы, по которым масло поступает от насоса к двигателю. Наклон шайбы гидронасоса изменяется золотником 5, который управляется дросселем 2.

Вращающий момент гидродвигателя зависит от давления и расхода подаваемой жидкости, а направление вращения за-

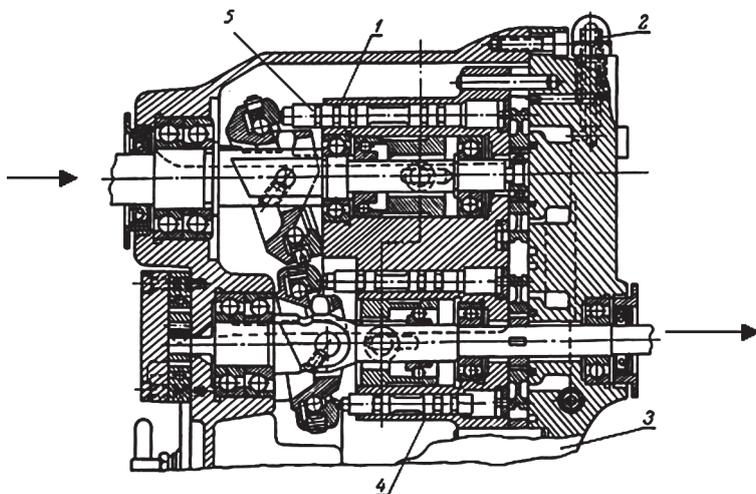


Рис. 1.22. Гидропривод с аксиально-поршневым насосом

висит от того, к какому каналу гидродвигателя подводится жидкость под давлением.

**Гидроцилиндр** является гидравлическим двигателем, преобразующим энергию движущейся жидкости в механическую движущегося поршня.

Поршневые гидроцилиндры могут выполняться с неподвижным цилиндром или с перемещающимся поршнем (рис. 1.23, а), с неподвижным поршнем или подвижным цилиндром (рис. 1.23, б) и с подачей жидкости через полый шток (рис. 1.23, в).

На рис. 1.24 показан гидроцилиндр двустороннего действия, предназначенный для сообщения возвратно-поступательного движения рабочим органам станка. Внутри цилиндрической полости гильзы 2 перемещается поршень 6, который соединен со штоком 3 запорными кольцами 4. Цилиндр герметизируется уплотнениями 5, 1 и 8. Проушиной 7 цилиндр соединяется со станиной станка, а конец штока соединяется с исполнительным органом станка, совершающим возвратно-поступательное движение.

Обычно если масло подается в отверстие 4, то поршень, перемещаясь вправо, сообщает исполнительному органу рабочий ход, а если в отверстие 6, то исполнительный орган возвращается в исходное положение.

**Пластинчатый (лопастной) поворотный двигатель** предназначен для получения угловых периодических движений (рис. 1.25).

Такой гидродвигатель состоит из корпуса, вала с лопастью

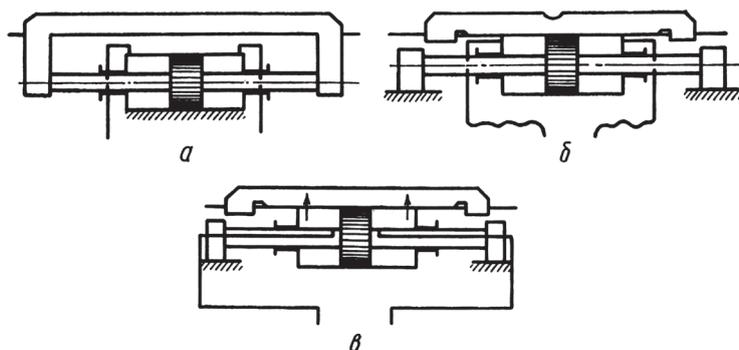


Рис. 1.23. Поршневые гидроцилиндры

1 и упора 2 с уплотнением 3, разделяющим полость цилиндра на две части. При подаче масла в отверстие А, лопасть 1 поворачивается против часовой стрелки, а при подаче масла в отверстие В, расположенное справа от упора 2, по часовой стрелке.

#### 1.4.4. Контрольно-регулирующая гидроаппаратура

Контрольно-регулирующая гидроаппаратура (дрессели, клапаны и др.) предназначена для регулирования расхода масла, защиты гидросистемы от перегрузки, отвода излишней жидкости, поддержания постоянного давления, снижения давления в ответвлении от главной магистрали.

**Дроссель** предназначен для регулирования количества масла, подаваемого от насоса в гидросистему путем изменения поперечного сечения отверстия, через которое масло поступает в магистраль. Поперечное сечение отверстия может из-

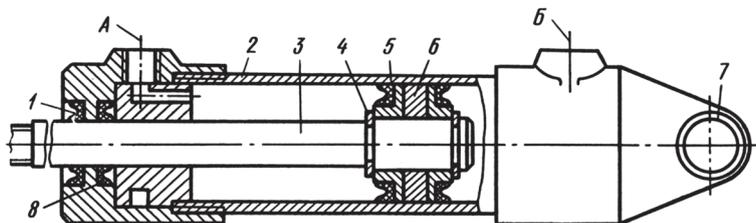


Рис. 1.24. Гидроцилиндр двустороннего действия

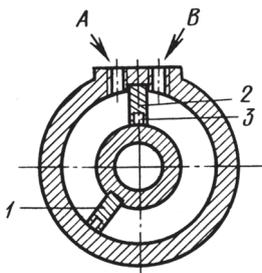


Рис. 1.25. Схема пластинчатого (лопастного) поворотного двигателя

меняться осевым перемещением иглы (рис. 1.26, а), поворотом стержня (рис. 1.26, б) или установкой шайбы (диафрагмы) с отверстием требуемого диаметра (рис. 1.26, в).

**Напорные гидроклапаны** (рис. 1.27, а) служат для автоматического ограничения чрезмерного давления рабочей жидкости.

При увеличении давления в магистрали до величины, на которую клапан отрегулирован, пружина клапана сжимается и открывает отверстие. Через это отверстие жидкость сливается до тех пор, пока давление не снизится до требуемой величины.

**Переливные клапаны** (рис. 1.27, б) позволяют получить в гидросистеме постоянное давление, перепуская значительные потоки рабочей жидкости в гидробак. При нормальном давлении жидкости в гидросистеме плунжер 3 перекрывает отверстие клапана, к которому из магистрали подается масло; при этом масло поступает по каналу 1 под нижние торцы плунжера 3. Затем через дроссель 8 по каналу в плунжере 3 масло поступает в полость 6, расположенную над верхним торцом плунжера 3, к напорному клапану 5. При превышении заданной величины давления (в магистрали) клапан 5 открывается, и давление в полости 6 падает. Так как под нижние торцы плунжера 3 подведено полное давление, то плунжер перемещается вверх и открывает отверстие 2, через которое масло из напорной магистрали через отверстие 7 попадает в сливную магистраль, соединенную с баком. Управление работой переливного клапана осуществляется через отверстие 4.

**Редукционные клапаны** (рис. 1.27, в) применяют для понижения давления на отдельных участках гидросистемы. Масло

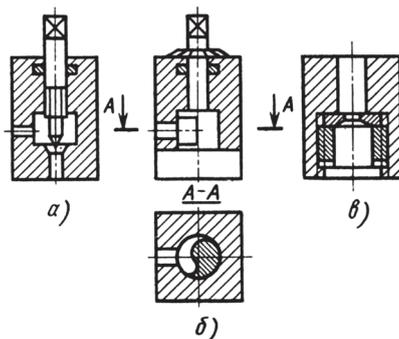


Рис. 1.26. Дроссели

из магистрали под рабочим давлением подается в канал 1, который перекрывается плунжером 2 под действием на его верхний торец пружины 5 в полости 4 и давления масла, подаваемого по каналу 3. При уменьшении давления в полости 6 ниже заданной величины плунжер 2 под действием рабочего давления смещается и открывает выход для масла из канала 1 в канал 6. Как только давление в канале 6 достигнет заданной величины, плунжер 2 перекрывает канал 1, что приводит к падению давления в канале 6.

### 1.4.5. Распределительные устройства

Распределительные устройства служат для изменения направления потока жидкости в магистрали гидросистемы.

**Плунжер-золотник** (рис. 1.28) управляет потоком масла тем, что соединяет поочередно полости цилиндра с напорной или сливной магистралью.

Перемещение плунжера может выполняться вручную, кинематическими устройствами (например, кулачками), электромагнитами, а также гидравлическими или пневматическими устройствами.

**Поворотные краны** (рис. 1.29) также относятся к распределительным устройствам. В положении I рукоятки масло из магистрали через отверстие 5 в корпусе 1, канал 3 в плунжере и отверстие 7 поступает в полость гидроцилиндра, перемещает шток вверх. Из другой полости гидроцилиндра масло через

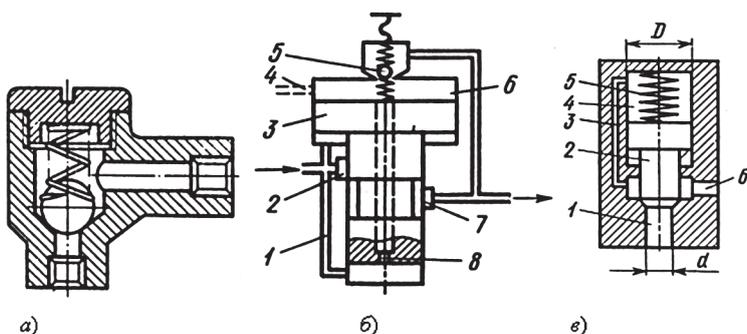


Рис. 1.27. Клапаны:

а - напорный; б - переливной; в - редукционный

отверстие 6, канал 4 в плунжере 2 и отверстие 8 поступает в сливную магистраль.

В положении II рукоятки масло из магистрали через отверстие 5 и полость *a*, образуемую выемкой в плунжере 2, поступает в отверстие 6; масло на слив поступает через отверстие 7, полость *б*, канал 4 и полость *в* в отверстие 8, соединенное со сливной магистралью.

**Гидропанель** представляет собой сборочную единицу, состоящую из нескольких гидравлических аппаратов, смонтированных на общей плите или встроенных в общий корпус. Аппараты между собой в гидропанели соединены беструбным способом - соответствующими каналами и проходами в корпусах и плитах панели. В гидропанель встраивают также (частично) наладочные органы ручного управления и регулирующие аппараты. Соединение аппаратов проходами в корпусе панели повышает надежность соединения и частично устраняют необходимость уплотнений. Многие гидравлические панели унифицированы.

#### 1.4.6. Трубопроводы

Система трубопроводов состоит из труб и их соединений. В зависимости от конструктивного назначения трубопроводы бывают жесткие (металлические) и гибкие (резиновые шланги, гибкие металлические рукава). Для изготовления трубопроводов гидро- и смазочных систем следует применять бесшовные трубы и шланги прозрачные пластмассовые, армированные синтетическими нитями, если они допустимы по условиям эксплуатации.

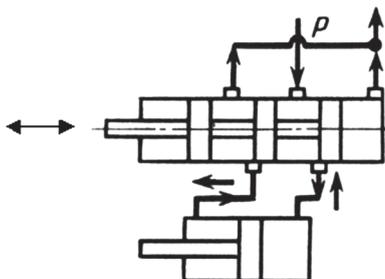


Рис. 1.28. Схема работы распределителя потока

Допускается применение труб из алюминиевых сплавов, латунных труб и медных труб для трубопроводов с наружным диаметром не более 6 мм, а для диаметров свыше 6 мм - только при затрудненных условиях монтажа.

Гибкие трубопроводы (резиновые рукава и пластиковые трубы) в гидросистемах должны применяться только для подвода масла к подвижным узлам, узлам, служащим для закрепления деталей, съемным узлам, а также в местах, где затруднен монтаж, и в случаях, дающих преимущество (уменьшение вибраций и шума).

#### 1.4.7. Фильтры

Для очистки масла, заполняющего гидросистему, применяют фильтры. Их располагают во всасывающей линии насоса или в сливной магистрали.

Для очистки масла от попавших в него твердых частиц применяют фильтры. В качестве фильтрующего элемента используют сетки, фетр, войлок, бумагу и т.д. Недостатком этих фильтров является необходимость частичного демонтажа для замены фильтрующего элемента.

Приемные фильтры, приведенные на рис. 1.30, отличаются друг от друга способом монтажа на резервуаре с маслом. В фильтре (рис. 1.30, а) корпус с фильтрующим элементом рас-

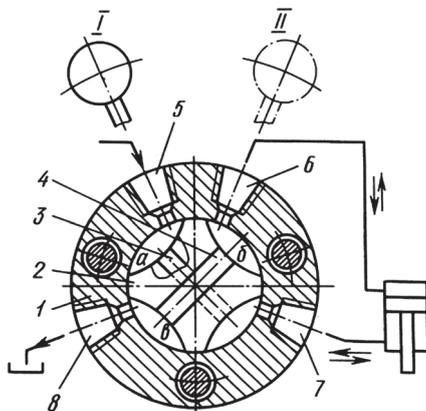


Рис. 1.29. Схема работы поворотного крана

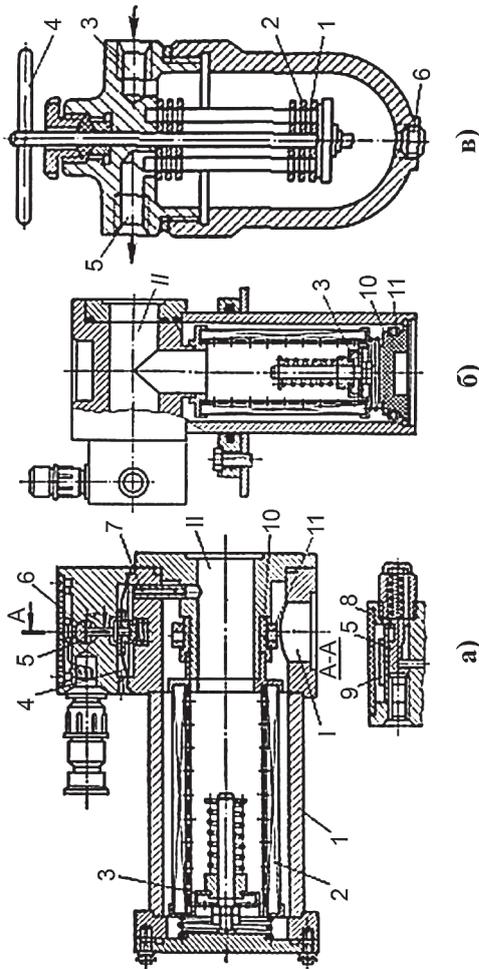


Рис. 1.30. Фильтры, располагаемые во всасывающей линии насоса:  
а - непогружаемый; б - погружаемый; в - пластинчатый

полагается над резервуаром, а в фильтре (рис. 1.30, б) - частично погружается в масло, при этом расстояние от торца погруженной части до уровня масла в резервуаре не должно быть менее 90 мм. В корпусе 1 фильтра установлен сетчатый фильтрующий элемент 2 с перепускным клапаном 3. В зоне входа масла в фильтрующий элемент расположена вставка 10 с магнитными уловителями 11, задерживающими магнитные частицы. В корпусе индикаторного устройства установлена подпружиненная мембрана 4, жестко связанная со штоком 6. Последний взаимодействует с подпружиненным плунжером 5, в котором установлен магнит 8, воздействующий на магнитоуправляемый контакт (геркон) 9. Полость над мембраной соединена с атмосферой, а полость под мембраной (через канал 7) - с выходным отверстием 11 фильтра.

При работе насоса масло всасывается из бака через отверстие 1, проходит вблизи магнитных уловителей 11 и далее через фильтрующий элемент 2 поступает во всасывающую линию гидросистемы. По мере роста степени загрязненности фильтрующего элемента возрастает разрежение в отверстии 11, в результате чего диафрагма 4 (вместе со штоком 6) атмосферным давлением смещается вниз. При этом шток 6 освобождает плунжер 5, который пружиной смещается на одну ступеньку влево, причем одновременно магнит 8 воздействует на геркон 9, выдающий электрический сигнал о первой стадии загрязненности фильтрующего элемента. Если последний не очищен и продолжает загрязняться дальше, прогиб мембраны 4 возрастает настолько, что освобождается вторая ступенька плунжера 5, который смещается до предела влево, и в систему управления выдается аварийный сигнал. Одновременно открывается перепускной клапан 3. О степени засорения фильтра можно судить и визуально по положению выходящего наружу конца плунжера 5.

Для очистки фильтрующего элемента его необходимо извлечь из корпуса, промыть в керосине и продуть чистым сухим воздухом; необходимо также очистить магнитные уловители. После сборки фильтра плунжер 5 следует переместить вручную в крайнее правое положение.

Пластинчатый фильтр также нашел широкое применение (рис. 1.30, в). Фильтрующий элемент пластинчатого фильтра состоит из набора пластин 1, разделенных скребками 2, толщина которых определяет размер фильтрующей щели между

пластинами 1. Масло поступает в отверстие 3 корпуса фильтра, проходит через фильтрующие щели, в которых задерживаются частицы, загрязняющие масло. Очищенное масло отводится через отверстие 5. Для очистки фильтрующих промежутков периодически поворачивают ручку 4, вместе с которой поворачиваются скребки 2, которые удаляют грязь из фильтрующих промежутков. Грязь собирается в стакане и периодически удаляется из него через отверстие, закрытое пробкой 6.

Фильтры могут включаться для последовательной или для параллельной работы. В первом варианте предусматривается пропуск через все фильтры полного объема рабочей жидкости, во втором - через каждый фильтр проходит только определенная часть.

Так как при параллельном включении скорость протекания рабочей жидкости через фильтрующие элементы меньше, чем при последовательном, то и очистка масла при прочих равных условиях происходит более полно.

Через фильтрующий элемент рабочая жидкость проходит под действием разности давлений перед фильтром и после него. Для фильтрации минеральных масел в гидросистемах и системах смазки станков и других машин применяются щелевые (пластинчатые) фильтры. Расширяется применение фильтров с металлической, чаще всего с латунной сеткой с количеством ячеек от 3000 на 1 см<sup>2</sup>.

Для защиты высокочувствительных к загрязнению элементов гидросистемы используются напорные фильтры тонкой фильтрации, которые устанавливаются непосредственно перед защищаемыми элементами.

Бумажные фильтроэлементы изготовляют из высокосортных хлопковых волокон или древесной целлюлозы. Бумажный фильтроэлемент представляет собой гофрированный цилиндр из фильтровальной бумаги, который во избежание разрыва от давления рабочей жидкости защищается сеткой. Схема работы фильтра с бумажными фильтроэлементами аналогична работе пластинчатого фильтра.

#### **1.4.8. Гидравлические схемы гидропривода**

Все перечисленные взаимодействующие элементы гидропривода принято называть гидросистемой.

В конструкторской документации приводятся гидравличес-

кие схемы, которые помогают производить монтаж и наладку гидросистемы и выявлять дефекты. В гидравлических схемах станков (и других машин) пользуются условными обозначениями для изображения устройств, применяемых в гидросистеме: насосов, гидродвигателей и гидроаппаратов, необходимых для осуществления требуемых технологических циклов работы производственной машины или станка.

В конструкторской документации могут встречаться два основных вида гидравлических принципиальных схем, отличающихся условными обозначениями.

**Функциональные гидравлические схемы**, т.е. схемы с символическими условными графическими изображениями, показывающими только функциональное назначение каждого аппарата, но не раскрывающими конструктивные подробности устройства.

**Принципиальные гидравлические схемы** - это схемы с подробным конструктивным обозначением устройства гидравлических аппаратов

Примеры применения условных обозначений, применяющиеся на схемах гидрофицированных станков, приведены на рис. 1.31; а, б.

## 1.5. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Пневматический привод (или, сокращенно, пневмопривод) широко применяется в производственных машинах, механизмах, в том числе в металлорежущих станках. Если в гидроприводе источником энергии служит жидкость под давлением, то в пневмоприводе источником энергии служит сжатый воздух, которым в конечном счете приводится в движение исполнительный орган машины. В пневмоприводе источник энергии - сжатый воздух - создается преобразованием других видов энергии, в основном электричества.

Устройство пневмопривода (рис. 1.32) по принципу действия имеет много общего с гидравлическими устройствами.

Работоспособность пневмопривода в большой степени зависит от состояния уплотнений, которые обеспечивают работу неподвижных и подвижных соединений с минимальными утечками сжатого воздуха.

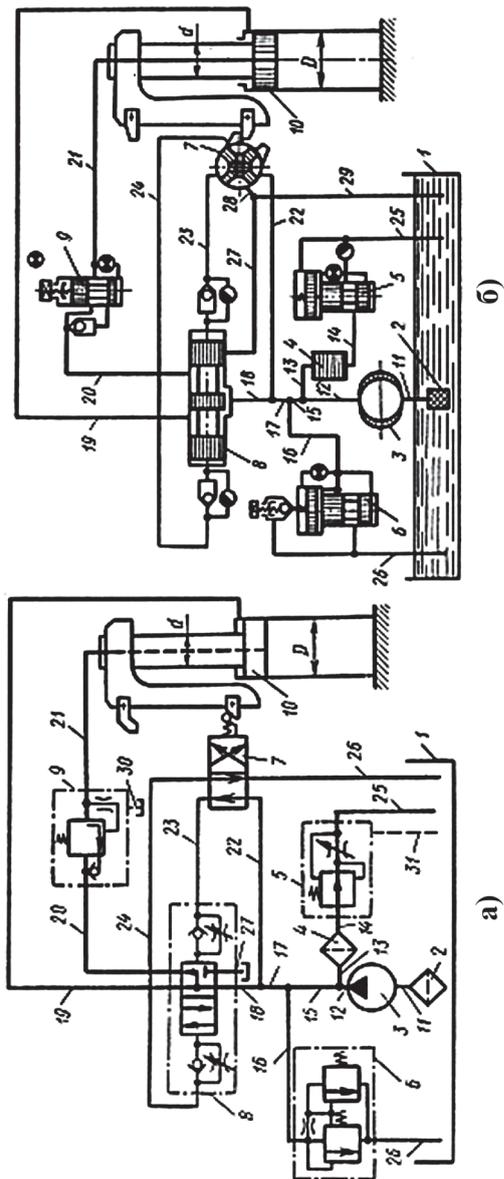


Рис 1.31. Вариант принципиальной гидравлической схемы станка - с символическими (а)

и конструктивными (б) условными обозначениями:

- 1 - бак; 2 - фильтр сетчатый; 3 - насос лопастной; 4 - фильтр тонкой очистки; 5 - дроссель с регулятором; 6 - клапан предохранительный; 7 - кран управления; 8 - золотник реверсивный; 9 - золотник напорный; 10 - гидроцилиндр; 11-24 - линии связи; 25-29 - линии слива; 30-31 - линии дренажа

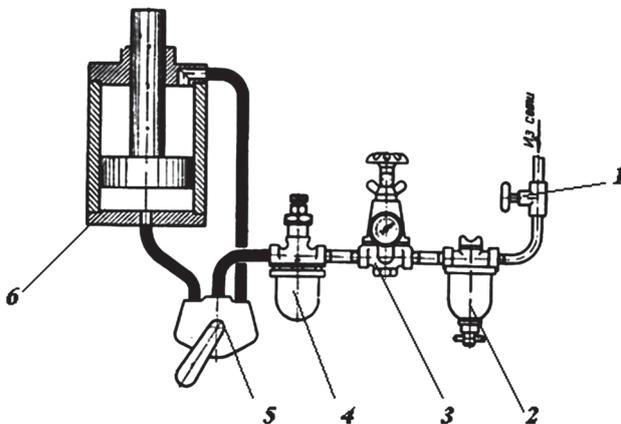
### 1.5.1. Устройства подготовки сжатого воздуха

Сжатый воздух, поступающий из магистрали должен быть подготовлен для использования в пневмоприводе, т.е. он должен быть отчищен от влаги и механических примесей, подаваться в рабочую магистраль при постоянном давлении и содержать распыленное масло для смазки трущихся поверхностей деталей, которые работают среде сжатого воздуха.

Давление воздуха в магистрали обычно колеблется от 0,4 до 0,6 МПа. На выходе из регулятора давления в зависимости от его типа можно получить стабильное давление воздуха желаемой величины - от 3,5 до 0,6 МПа.

**Фильтры-влагоотделители** применяют для очистки сжатого воздуха, поступающего из воздушной магистрали, от влаги и механических примесей.

Воздух, поступающий во влагоотделитель через отверстие П (рис. 1.33, а) и щели отражателя 5, мгновенно расширяется и охлаждается. Сконденсированные водяные пары капельками оседают на стенках стакана 1, а затем стекают вниз и скапливаются под заслонкой 3. Осушенный воздух проходит через фильтр 2 и очищается от механических примесей. После очистки воздух поступает в магистраль к пневмоприводе. Нако-



**Рис. 1.32. Схема пневмопривода:**

- 1 - кран магистральный; 2 - фильтр-влагоотделитель; 3 - регулятор давления; 4 - маслораспылитель; 5 - распределительный кран (золотник); 6 - исполнительное устройство - пневмоцилиндр

пившаяся влага и механические примеси удаляются из стакана 1 под действием сжатого воздуха через запорный клапан 4.

**Регуляторы давления** с диафрагмой (рис. 1.33, б) являются наиболее распространенными. Очищенный воздух проходит через отверстие П в корпусе 8, кольцевой зазор (между клапаном 6 с резиновым кольцом 4 и корпусом), полость, внутри которой перемещается толкатель 7, и выходит через отверстие О. Через отверстие К воздух поступает в полость М, сжимая диафрагму 3, и уравнивает силу давления пружины 2.

Клапан 6 будет открыт, пока давление в выходном отверстии и в полости М не повысится до заданной величины, при этом диафрагма 3, сжимая пружины 2, выпрямится. При падении давления в выходном отверстии и в полости М диафрагма под действием пружины 2 прогнется и через толкатель 7 отождет клапан 6, увеличив поступление сжатого воздуха из отверстия П в выходное отверстие О.

Следовательно, давление на выходе из отверстия О регулятора поддерживается постоянным и соответствует силе пружины 2, которая регулируется винтом 1. Когда пружина 2 разжата, клапан 6 под действием пружины 5 перекрывает поступление воздуха в отверстие О.

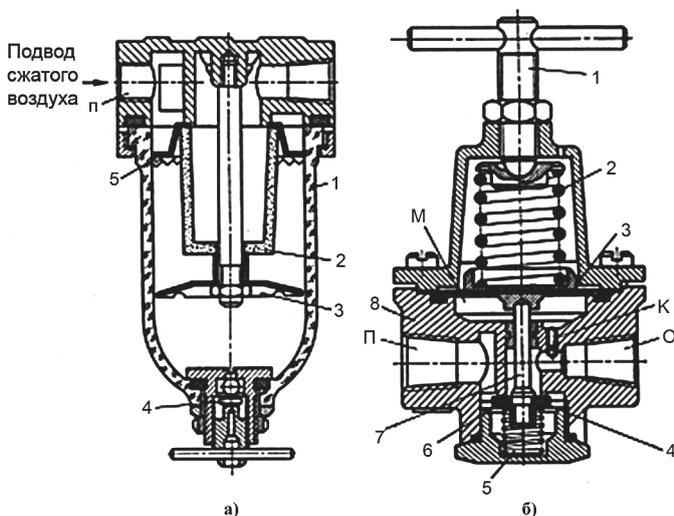


Рис. 1.33. Фильтр-влагоотделитель (а) и регулятор давления (б)

**Маслораспылитель** применяют для смазки трущихся поверхностей деталей, работающих в среде сжатого воздуха (рис. 1.34).

Воздух из магистрали поступает через входное отверстие 3 и кольцевой канал 9 к выходному отверстию 5, а также через каналы 2 и 1 в резервуар 11 с маслом. При полном открытии дросселя 10 давление в резервуаре 11 и в полости 4 одинаково и масляные капли не образуются. При перекрытии отверстия дросселя 10 давление в полости 4 понижается и масло из резервуара, где более высокое давление воздуха, через трубку 6 подается в трубку 8 при отжатом шарике 7.

### 1.5.2. Исполнительные устройства

**Пневмоцилиндр** является пневматическим двигателем (рис. 1.35), преобразующим энергию сжатого воздуха в механическую движущегося поршня. Поршневые пневмоцилиндры могут выполняться с неподвижным цилиндром или с перемещающимся поршнем, а также с неподвижным поршнем или подвижным цилиндром.

**Пневнокамера двустороннего действия** (рис. 1.36) крепится к корпусу устройства фланцем с болтами 6. При подаче

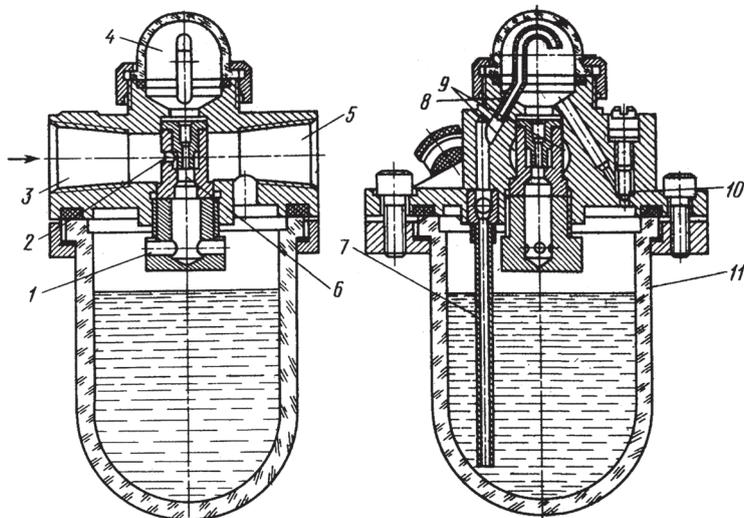


Рис. 1.34. Маслораспылитель

через отверстие 1 сжатый воздух попадает в бесштоковую полость, которая образуется с одной стороны крышкой 2, а с другой - эластичной диафрагмой 3, зажатой по наружному диаметру  $D$  крышкой 2 и по внутреннему диаметру  $d$  диском 4 с штоком 5. Сжатый воздух перемещает вправо диафрагму 3 вместе с диском 4 и штоком 5, который соединен с зажимным механизмом. При подаче сжатого воздуха в отверстие 7 диафрагма 3 вместе с присоединенными к ней деталями возвращается в исходное положение.

### 1.5.3. Распределительные устройства

**Распределительный кран** (рис. 1.37) служит для изменения направления движения сжатого воздуха.

Если рукоятка крана 6 расположена так, чтобы каналы золотника 5 были параллельны горизонтальной оси, то сжатый воздух подается в левую полость 1 цилиндра и поршень 2 со штоком 4 перемещается вправо; при этом воздух из полости 3 цилиндра выпускается через распределительный кран в атмосферу.

При положении рукоятки крана 6, в котором каналы золотника 5 располагаются вдоль вертикальной оси, сжатый воздух подается в полость 3 цилиндра, а воздух из полости 1 цилиндра выпускается через распределительный кран в атмосферу.

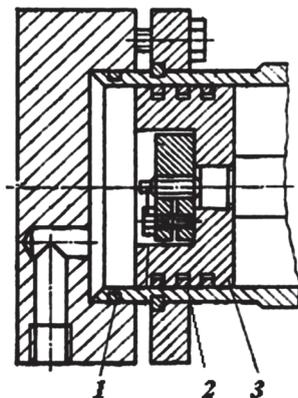


Рис. 1.35. Пневмоцилиндр:

1 - кольцо круглого сечения неподвижное; 2 - кольцо круглого сечения подвижное; 3 - поршень

**Плунжер** - золотник (так же как в гидроприводе) управляет потоком воздуха тем, что соединяет напорную магистраль с рабочей полостью цилиндра. Отработанный воздух сбрасывается в атмосферу.

Перемещение плунжера может выполняться вручную, кинематическими устройствами (например, кулачками), электромагнитами, а также гидравлическими или пневматическими устройствами.

### Принцип работы СЧПУ

Рассмотрим принцип работы СЧПУ с исполнительным механизмом на примере металлорежущего станка с числовым программным управлением (ЧПУ).

Обобщенная структурная схема СЧПУ, управляющая металлорежущим станком, представлена на рис. 1.38. Устройство 1 ввода программы считывает программу, т.е. преобразовывает ее в электрические сигналы и направляет в устройство 4 обработки программы, которое через устройство 5 управления приводом воздействует на объект регулирования - привод 6 подачи, который связан с перемещением заготовки или инструмента. Перемещение подвижной части станка, связанной с приводом 6 подачи, контролирует датчик 8, включенный в цепь главной обратной связи. Информация с датчика 8 че-

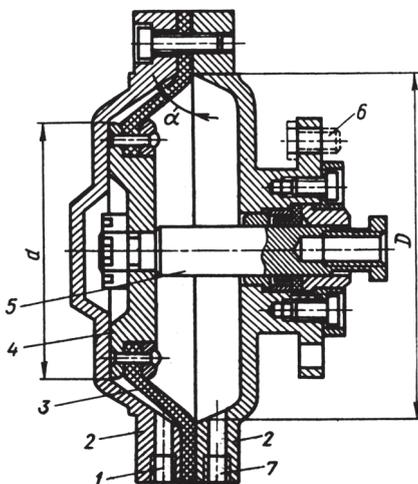


Рис. 1.36. Пневмокамера двустороннего действия

рез устройство 7 обратной связи поступает в устройство 4 отработки программы, где происходит сравнение фактического перемещения с заданным. Если результат сравнения выявит несовпадение заданного и фактического перемещения, то программа вносит соответствующие коррективы в перемещение исполнительного органа. Для исполнения других функций с устройства 1 ввода программы электрические сигналы поступают в устройство 2 технологических команд, которое воздействует на исполнительные элементы 3 технологических команд (двигатели, электромагниты, электромагнитные муфты и др.); при этом исполнительные элементы включаются или выключаются.

Приводы с ЧПУ классифицируются по назначению и принципу работы (основные признаки); по типам двигателей, видам схем управления, месту установки и др. (дополнительные признаки). По назначению выделяют приводы главного движения, подачи и вспомогательных механизмов.

На рис. 1.39 приведена упрощенная кинематическая схема токарного станка с ЧПУ с применением приводов главного движения (а) и механизма подачи (b и с), управление которым осуществляется СЧПУ, показанной на рис. 1.38.

По принципу работы приводы с ЧПУ бывают электрические, электромеханические, гидравлические и электрогидравлические. Электрический и электромеханический привод состоит из электродвигателя и кинематической цепи, включаю-

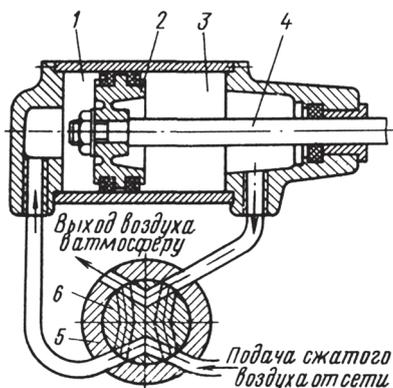


Рис. 1.37. Схема работы распределителя - крана с плоским золотником для воздуха

щей в себя редукторы, вариаторы, ременные и цепные передачи, муфты и т.п. В состав гидравлических приводов входят насосная станция и гидродвигатели различных видов. Электрогидравлические приводы включают в себя элементы электро- и гидрооборудования. В схемах управления электроприводом, как правило, предусмотрены вспомогательные элементы, предназначенные для защиты станка (от перегрузки), электродвигателей (от перегрева), рабочего (от травм).

В **приводах главного движения** (рис. 1.39, а) применяется электродвигатель постоянного тока, который называется электроприводом постоянного тока, а также приводы с асинхронным или синхронным электродвигателем - электроприводом переменного тока.

**Приводы вспомогательного движения.** В приводе подач применяются шаговые двигатели (ШД) (рис. 1.39; б, с). Современные быстродействующие ШД являются модифицированными синхронными электрическими машинами, обмотки которых возбуждаются несинусоидальными сигналами, т.е. прямоугольными или ступенчатыми импульсами напряжения с изменяющейся в широких пределах частотой. Ступенчатому характеру напряжений на фазах ШД соответствует дискретное вращение электромагнитного поля в воздушном зазоре двигателя. Вследствие этого движение ротора на низкой частоте складывается из последовательности элементарных перемещений, совершаемых по аperiodическому или колебательному закону.

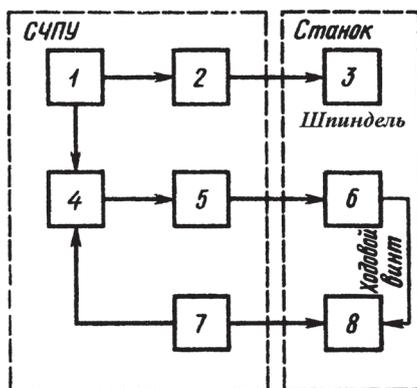
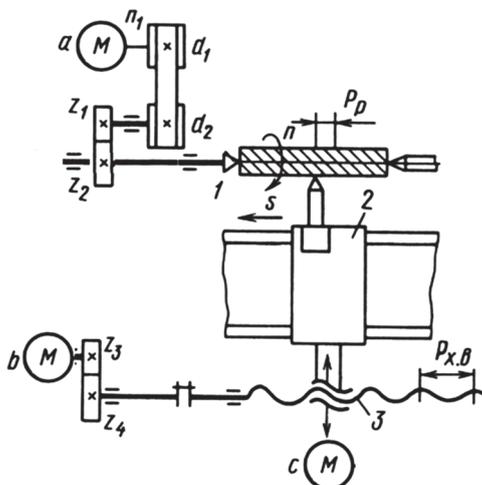


Рис. 1.38. Обобщенная структурная схема связи СЧПУ со станком

При возрастании управляющей частоты неравномерность частоты вращения ротора ШД сглаживается.

На рис. 1.40 приведена схема действия шагового двигателя ШД с ротором 1 и трехсекционным статором 2. Статор имеет расположенные по кругу три секции I, II и III, каждая из которых смещена по окружности относительно рядом расположенных полюсов ротора на  $\frac{1}{3} t$ , где  $t$  - шаг межполюсного расстояния ротора.

Если полюсы секции II статора располагаются против полюсов ротора, то полюсы секций I и III статора смещены относительно полюсов ротора соответственно на  $\frac{2}{3} t$  и на  $\frac{1}{3} t$ . При подаче напряжения в секцию II статора ротор будет неподвижен, так как в этом положении он имеет минимальное магнитное сопротивление. При подаче напряжения в секцию III статора ротор повернется по часовой стрелке на  $\frac{1}{3} t$  и полюсы этой секции встанут против полюсов ротора. При подаче напряжения в секцию I ротор снова повернется по часовой стрелке на  $\frac{1}{3} t$  и т. д. Последовательная подача импульсов на обмотки электромагнитов статора соответствующих секций будет формировать прерывистое (шаговое) вращение ротора.



**Рис. 1.39. Упрощенная кинематическая схема токарного станка с ЧПУ:**  
 а - привод главного движения; б - привод ШД для продольного перемещения суппорта (ходовой винт); с - привод ШД для поперечного перемещения суппорта (ходовой винт)

Каждому импульсу управления соответствует поворот вала на фиксированный угол (шаг двигателя), величина которого однозначно определена конструкцией ШД и способом переключения его обмоток. Частота вращения и суммарный угол поворота вала пропорциональны соответственно частоте и числу поданных импульсов управления. В отличие от синхронных двигателей в ШД переход в синхронное движение из состояния покоя осуществляется без скольжения, а торможение – без выбега ротора. Благодаря этому ШД (в рабочем диапазоне частот) обеспечивают внезапный пуск, остановку и реверсирование без потери информации, т.е. без пропуска шагов.

Шаговые двигатели можно разделить на две группы:

1) привод с силовым ШД, соединенным через кинематическую цепь с исполнительным механизмом;

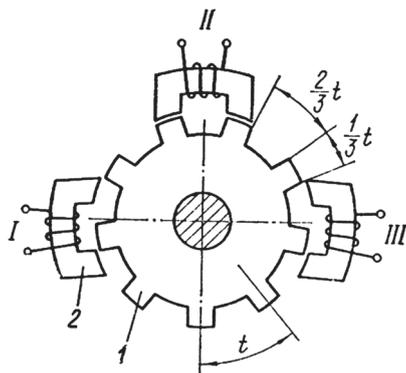


Рис. 1.40. Схема устройства и принцип действия шагового двигателя

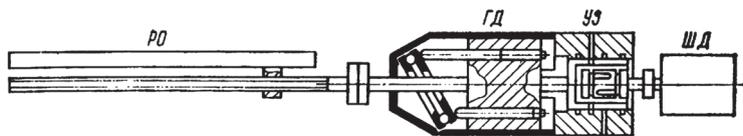


Рис. 1.41. Шагово-импульсный привод подачи с гидросилителем крутящих моментов:

РО - рабочий орган с винтовой передачей; ГД - гидродвигатель;  
УЗ - управляющий золотник; ШД - шаговый двигатель

2) привод с управляющим ШД и промежуточным усилителем момента, выполненным в виде автономной следящей системы (обычно гидравлической).

В первой группе динамические и статические характеристики привода определяются параметрами ШД, во второй - зависят от параметров следящей системы, которой управляет ШД.

В станках с ЧПУ в приводах подачи применяют ШД в сочетании с гидроусилителями крутящих моментов (рис. 1.41).

В качестве силового органа такого усилителя используют гидродвигатель (рис. 1.41), выходной вал которого соединен с винтовой передачей исполнительного механизма.

**Механические передачи** - часть системы привода, заключенная между выходным звеном источника движения (например, выходным валом электродвигателя или штоком гидроцилиндра) и звеном потребления механической энергии и предназначенная для кинематического преобразования движения на этом пути. Под кинематическим преобразованием понимают изменение направления усилия и скорости при линейном перемещении или изменение плоскости поворота при вращательном движении.

В перспективе механические передачи в приводе станков с ЧПУ будут играть менее значимую роль, так как их функции можно будет реализовывать с помощью электрических или гидроэлектрических устройств. Однако в настоящее время, несмотря на переход к электрическим способам управления движениями, роль механических передач в станках с ЧПУ достаточно велика, что объясняется их простотой, надежностью и экономичностью.

## ГЛАВА 2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

### 2.1. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

К конструкторским документам относятся графические (чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж и др.) и текстовые документы (спецификации, пояснительная записка, ведомости, технические условия, программы, методики испытаний и др.), которые в отдельности или в совокупности определяют состав или устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

**Чертеж детали** – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

**Сборочный чертеж** – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относят также чертежи для монтажа гидро-, пневмо- и электрооборудования.

**Чертеж общего вида** – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

**Технические условия** – документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

**Габаритный чертеж** (ГЧ) – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

**Монтажный чертеж** (МЧ) – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

**Схема** – документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

**Спецификация** – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

**Изображения** – виды, разрезы, сечения. Представление об изделии связано с изучением его формы. Форма определяется поверхностями, ограничивающими изделие. Задать на чертеже форму изделия – это значит построить проекционные изображения совокупности точек и линий, определяющих форму изделия и проекции ее контурных линий.

Отображение изделия осуществляется по методу параллельного прямоугольного проецирования.

**Вид** – изображение видимой, обращенной к наблюдателю поверхности предмета. Если необходимо пояснить чертеж, то на виде штриховыми линиями допускается указывать невидимый контур предмета, что позволяет уменьшить число видов. Виды подразделяются на основные, дополнительные и местные.

**Основной вид** – это вид, полученный проецированием предмета на шесть основных плоскостей проекций. Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Число видов должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций: 1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади (рис. 2.1).

**Дополнительный вид** – это вид, получаемый проецированием предмета на дополнительную плоскость проекций, непараллельную ни одной из основных плоскостей проекций.

Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной (прямой) проекционной связи с главным

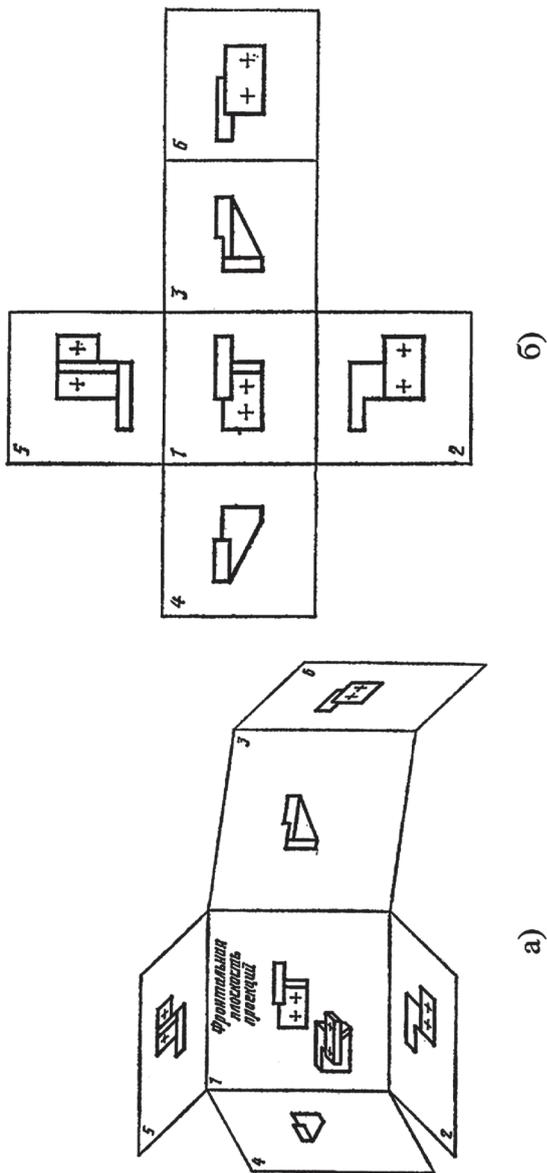


Рис. 2.1. Схема формирования проекций детали на шесть основных плоскостей развертки куба:  
а - развертка куба; б - основные плоскости проекций

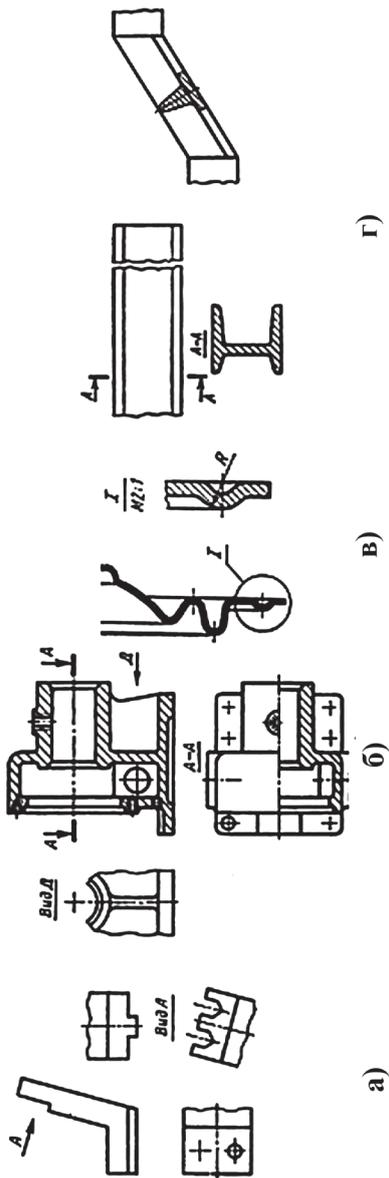


Рис 2.2. Изображения на чертежах:

а - дополнительный вид; б - местный вид и разрез; в - выносной элемент; г - сечения

видом, то направление взгляда указывается стрелкой, обозначаемой прописной буквой, а над видом делается надпись по типу "Вид А", которую подчеркивают сплошной тонкой линией.

В отличие от дополнительного вида для изображения на чертеже отдельного, ограниченного места поверхности предмета применяется *местный вид*, позволяющий выявить форму и размеры определенного элемента предмета, например форму ребра, отверстия, паза и т.п. Располагают местные виды без сохранения проекционной связи с основным изображением на свободном поле чертежа с надписью типа "Вид Д".

**Выносной элемент** – дополнительное изображение части предмета, выполненное в большем по сравнению с основным изображением масштабе.

Часть изделия, изображаемую в виде выносного элемента, обводят замкнутой сплошной тонкой линией в виде окружности, овала и т. п. и обозначают римской цифрой на полке линии выноски (рис. 2.2, в), а у выносного элемента указывают эту цифру и соответствующий масштаб.

**Линия обрыва и разрыва** – тонкая сплошная волнистая линия (рис. 2.2, г).

**Сечение** – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении одной или несколькими плоскостями. В сечении показывают только то, что расположено в секущей плоскости.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на вынесенные и наложенные (рис. 2.2, г).

**Разрез** – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями; при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе в отличие от сечения показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 2.2, б).

## **2.2. ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ**

### **2.2.1. Общие сведения о единой системе допусков и посадок**

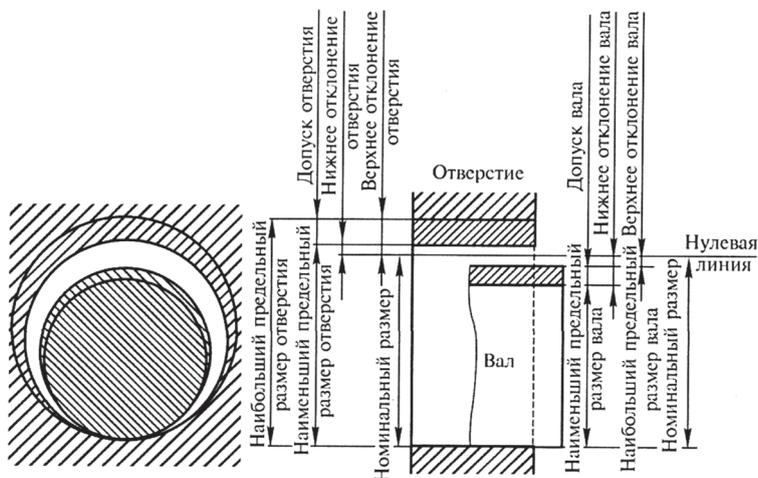
При изготовлении деталей из заготовок необходимо выдерживать определенные геометрические параметры поверхнос-

тей - их размеры, форму и относительное расположение. Степень приближения истинного значения рассматриваемого параметра к его теоретическому значению называется точностью.

**Размер** – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.д.), который в машиностроении измеряют в миллиметрах. Размеры подразделяют на номинальные, действительные и предельные.

**Номинальный** – это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений. Номинальный размер - это основной размер, полученный на основе кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбранный из конструктивных, технологических, эксплуатационных, эстетических и других соображений. Номинальные размеры можно классифицировать по назначению на определяющие величину и форму детали, координирующие и сборочные (монтажные). Кроме того, из соображений удобства и точности обработки иногда вводятся технологические размеры. Это тот теоретический размер, к которому как можно ближе должен соответствовать размер готовой детали.

**Действительный** – это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.



**Рис. 2.3. Формирование отклонений для вала и отверстия относительно нулевой линии номинального размера**

Чтобы изделие считалось годным, т.е. отвечало своему целевому назначению, его действительный размер должен быть выдержан между двумя теоретически допустимыми *предельными размерами*, разность которых образует допуск. Наибольший предельный размер - это больший из двух предельных, наименьший - это меньший из двух предельных размеров.

Для удобства указывают номинальный размер детали, а каждый из двух предельных размеров определяют по его отклонению от этого номинального размера (рис. 2.3). Абсолютную величину и знак отклонения получают вычитанием номинального размера из соответствующего предельного размера.

**Отклонение** – это алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

*Действительное отклонение* - это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

*Предельное отклонение* – это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее.

*Верхнее отклонение* – это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами; *нижнее отклонение* – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Верхнее и нижнее отклонения приводятся в справочных таблицах и измеряются в микрометрах (мкм), а на чертежах указываются в миллиметрах (мм).

Классификацию отклонений по геометрическим параметрам целесообразно рассмотреть на примере соединения вала и отверстия. Термин "вал" применяют для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, термин "отверстие" - для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей. Термины "вал" и "отверстие" относят не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей другой охватываемой и охватывающей формы (например, ограниченным двумя параллельными плоскостями - шпоночное соединение).

**Допуск** - это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

**Квалитет** (степень точности) - совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров.

**Нулевая линия** - это линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. При горизонтальном расположении нулевой линии положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные - вниз.

**Поле допуска** - это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

**Основное отклонение** - одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), ближайшее к нулевой линии, используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. Основное отверстие - это отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю. Основной вал - это вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала различают посадки с зазором, с натягом и переходные, когда возможно получение как зазора, так и натяга (рис. 2.4).

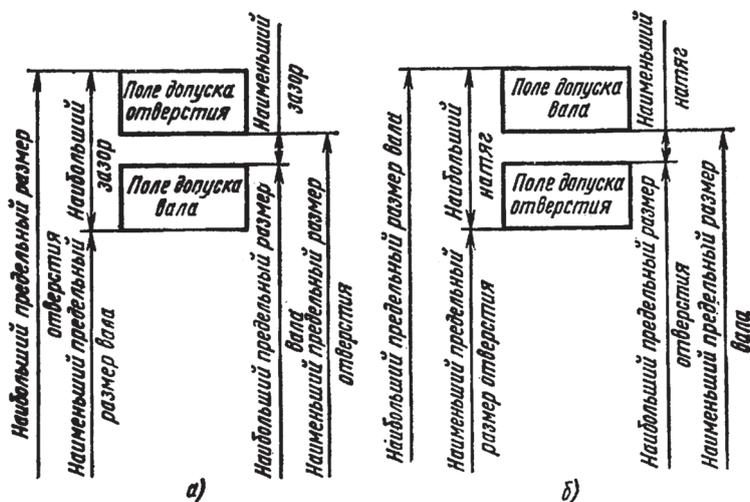


Рис. 2.4. Типы посадок:  
а - с зазором; б - с натягом

Номинальным размером посадки называется номинальный размер, общий для отверстия и вала, составляющих соединение.

Зазором называется разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

**Посадка с зазором** - это посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала). К посадкам с зазором относятся также посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала. Поскольку идеально точное изготовление деталей невозможно, то невозможно получить в соединении один и тот же по величине зазор. В связи с этим назначаются два предельных значения - наименьший и наибольший зазоры, между которыми должен находиться зазор в соединении по выбранной посадке.

**Натягом** называется разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

**Посадка с натягом** - это посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении. Поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала.

Если после назначения экономически целесообразных допусков на обработку вала и отверстия оказывается, что их поля допусков перекрываются частично или полностью, то такие соединения относят к переходным посадкам.

**Переходная посадка** - это посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга.

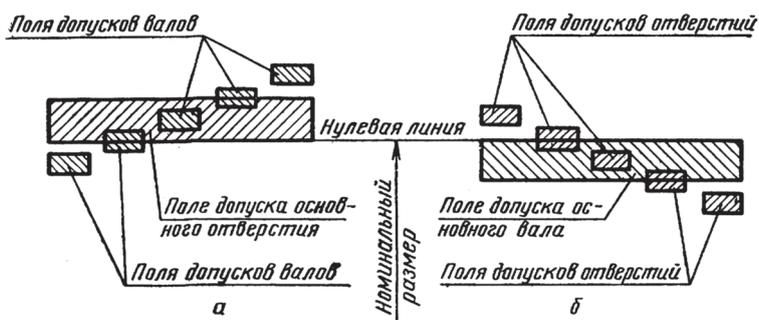


Рис. 2.5. Примеры посадок в системах:  
а - отверстия; б - вала

Для оценки точности соединений (посадок) пользуются понятием "допуск посадки", под которым понимают сумму допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

При соединении двух деталей (отверстие и вал) образуется посадка, определяемая разностью их размеров до сборки, т.е. величиной получающихся зазоров или натягов в соединении. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Различают две равноценные системы образования посадок - система отверстия и система вала (рис. 2.5).

**Посадки в системе отверстия** – это посадки, у которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием. У основного отверстия нижнее отклонение равно нулю или наименьший предельный размер его совпадает с номинальным размером соединения, а верхнее зависит от качества.

**Посадки в системе вала** – это посадки, у которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом. У основного вала верхнее отклонение равно нулю или наибольший предельный размер совпадает с номинальным размером соединения, а нижнее зависит от качества.

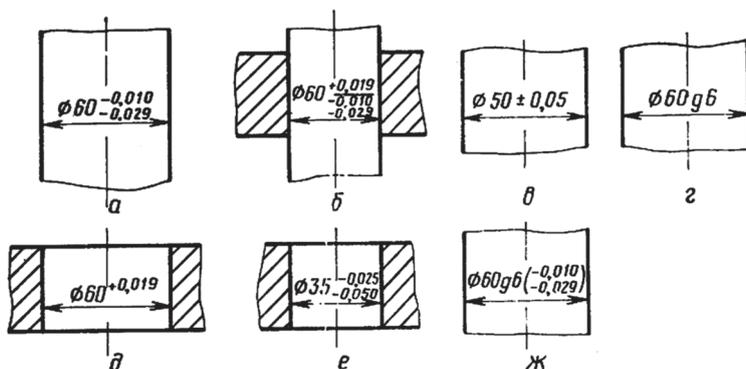


Рис. 2.6. Нанесение предельных (верхнего и нижнего) отклонений на чертежах

### **2.2.2. Указание на чертежах допусков размеров**

Прежде чем назначить предельные отклонения размерам на чертежах определяют характер соединения, возможности ремонта, условия эксплуатации и др.

Предельные размеры с помощью предельных отклонений указывают на чертежах с помощью таблиц несколькими способами:

- числовыми величинами (рис. 2.6, а), причем отклонение, равное нулю, опускается (рис. 2.6, д), а одинаковые по абсолютной величине, но противоположные по знаку отклонения указывают один раз со знаками  $\pm$  (рис. 2.6, е);

- условными (символическими) обозначениями полей допусков и посадок согласно стандартам (рис. 2.6, г);

- символическими условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках их числовых величин (рис. 2.6, ж).

Предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в сборе, указывают также одним из трех перечисленных способов в виде дроби: в числителе представляют предельные отклонения отверстия, в знаменателе - вала (рис. 2.6, б). На рис. 2.6, г символ  $\sigma_6$  обозначает поле допуска, т.е. два отклонения: верхнее отклонение - 0,010 и нижнее - 0,029 мм. В обозначениях положительных предельных отклонений знак "+" опускать нельзя. Предельные отклонения записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая количество знаков в верхнем и нижнем отклонении добавлением нулей (рис. 2.6; а,б,е,ж).

Буквенный способ обозначения полей допуска предпочтителен в случае применения предельных калибров для измерения размеров на производстве, так как на калибрах, как правило, маркируются буквенные обозначения полей допусков контролируемых деталей.

Числовые обозначения удобнее при работе на универсальных металлообрабатывающих станках и при контроле изделий универсальными средствами измерений. Смешанные обозначения применяют при неопределенности вопроса о средствах контроля, которые будут использованы на производстве.

### 2.2.3. Допуски формы и расположения поверхностей деталей

В процессе механической обработки деталей под действием сил резания, а также в процессе эксплуатации машины под нагрузкой происходит деформация деталей. В результате нежесткости центров токарного станка или самой заготовки и других причин после обработки деталь может иметь бочкообразный, седлообразный или конусный профиль, т.е. иметь погрешность формы, или иметь радиальное биение наружной поверхности относительно линии центров, т.е. иметь погрешность расположения наружной поверхности относительно осевой линии.

В основу нормирования и систему отсчета отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих поверхностей и профилей, элементов, деталей, сборочных единиц (узлов).

Под элементом понимается поверхность (часть поверхности, плоскость симметрии нескольких поверхностей), профиль поверхности, линия пересечения двух поверхностей, ось поверхности или сечения (точка пересечения линии, линии и поверхности, центр окружности или сфера).

Различают следующие основные виды прилегающих поверхностей, плоскостей и профилей: номинальная (идеальная) поверхность, номинальная форма, которая задана чертежом или другой технической документацией, и реальная поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

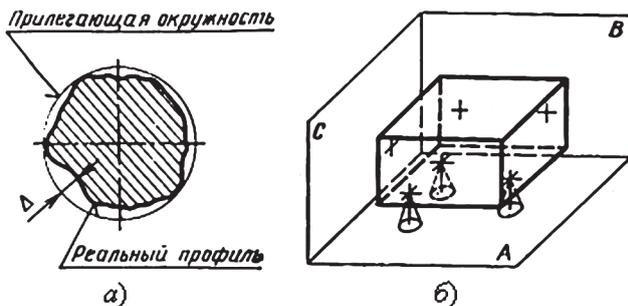


Рис. 2.7. Номинальные профиль и поверхности:  
а - прилегающая окружность; б - комплект баз

**Профиль** - это линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Различают профили номинальной и реальной поверхностей. Прилегающая плоскость и прилегающая прямая - плоскость или прямая, соприкасающаяся с реальной поверхностью или профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от ее наиболее удаленной точки соответственно реальной поверхности или профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 2.7, а).

**Нормируемый участок** - это участок поверхности или линии, к которому относится допуск или отклонение формы или расположение элемента. Нормируемый участок должен задаваться размерами, определяющими его площадь, длину или угол сектора (в полярных координатах). Если нормируемый участок не задан, то допуск или отклонение формы или расположения должен относиться ко всей поверхности или длине рассматриваемого элемента.

**Прилегающая окружность** - это окружность минимального диаметра, описания вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или минимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 2.7, а).

**База** - элемент детали (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента. Базами могут быть, например, базовая плоскость, базовая ось, базовая плоскость симметрии.

**Комплект баз** - совокупность двух или трех баз, образующих систему координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента. Базы, образующие комплект баз, различают в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими (например, на рис. 2.7, б база А лишает деталь трех степеней свободы, база В - двух, а база С - одной степени свободы).

Отклонение формы определяется как сумма абсолютных значений наибольших отклонений точки от реальной поверхности, расположенных по обе стороны от средней поверхности. Такой способ оценки получил применение в ряде современных измерительных средств. Разница между отклонения-

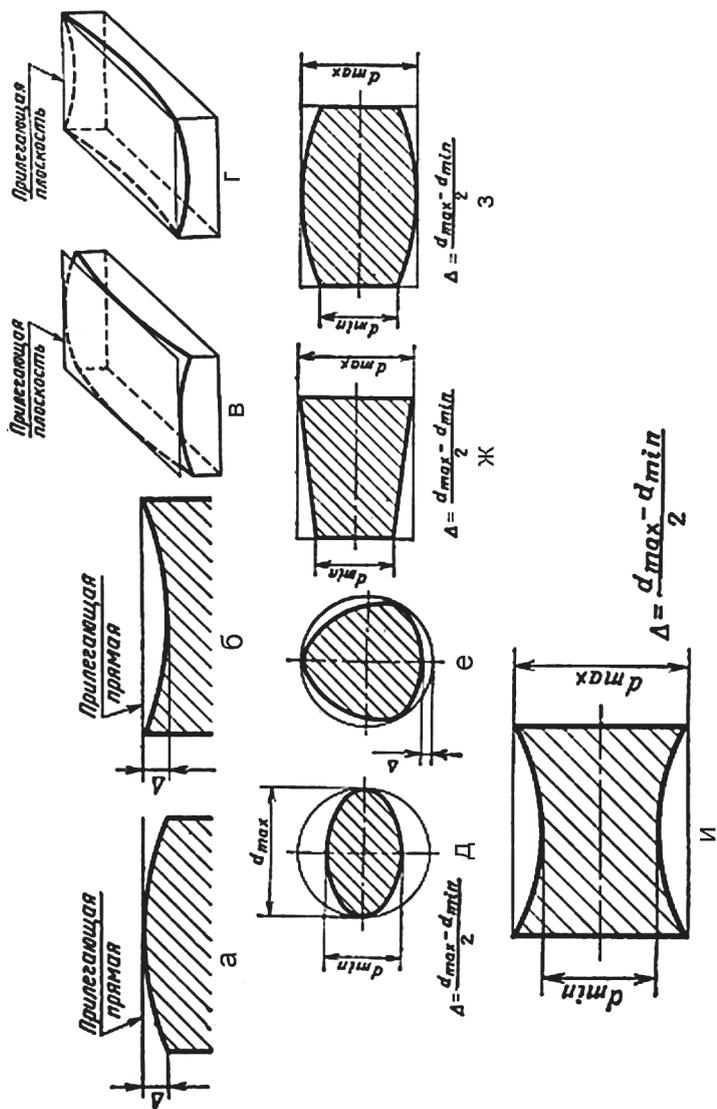


Рис. 2.8. Отклонения и допуски формы поверхностей изделия

ми формы, определенными относительно прилегающей и средней поверхности, практически незначительна.

К отклонениям и допускам формы относятся (рис.2.8):

– отклонение от прямолинейности в плоскости и допуск. Частными видами отклонения от прямолинейности являются выпуклость и вогнутость;

– отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве и допуск (рис. 2.8; а, б);

– отклонение от плоскостности и допуск. Частными видами отклонений от плоскостности являются выпуклость и вогнутость (рис. 2.8; в, г);

– отклонение от круглости и допуск. Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка (рис. 2.8; д, е);

– отклонение от цилиндричности и допуск;

– отклонение и допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности. Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность (рис. 2.8; ж, з, и).

Применять частные виды отклонений - выпуклость, вогнутость, огранку, овальность, конусообразность, бочкообразность, седлообразность для их нормирования следует лишь в обоснованных случаях, когда для обеспечения правильного функционирования изделия важно учитывать и характер отклонения формы.

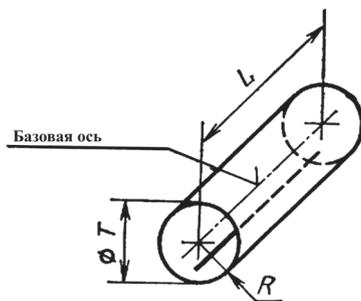


Рис. 2.9. Поле допуска на соосность

### 2.2.4. Отклонения и допуски расположения

В реальных поверхностях отклонения формы и расположения всегда сочетаются. В работе и при измерениях эти отклонения могут проявляться или раздельно, или совместно. Поэтому установлены собственно отклонения и допуски расположения, предполагающие исключение из рассмотрения отклонений формы путем замены реальных поверхностей прилегающими, и суммарные отклонения и допуски формы и расположения.

Отклонения расположения и допуски определяются относительно баз. Отклонения формы и расположения отдельных баз комплекта могут вызвать неоднозначную оценку геометрических отклонений других поверхностей. Поэтому при назначении комплекта баз важно задать последовательность их выбора, которая должна устанавливаться в порядке убывания числа степеней свободы детали, отнимаемых базами.

Введенный допуск на наклон позволяет нормировать отклонения от любого номинального угла (кроме 0 и 90°) методом, аналогичным методу нормирования допусков на параллельность и перпендикулярность, т.е. в линейной мере.

Допуски на соосность, симметричность, пересечение осей, позиционный допуск можно задавать либо предельным значением отклонения в радиусном выражении, либо диаметром (шириной) поля допуска, что соответствует удвоенному предельному отклонению (допуски в диаметральном выражении).

Оба способа выражения допуска показаны на рис. 2.9 на примере поля допуска на соосность (Т - допуск в диаметральном, R = T/2 - допуск в радиальном выражении).

### 2.2.5. Указание на чертежах допусков точности деталей

На чертежах изделий, как правило, предпочтение отдается условным обозначениям допусков, а не текстовым записям (табл.

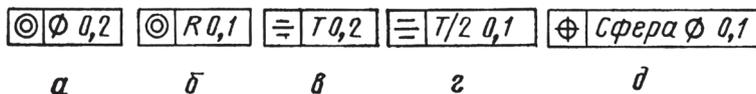
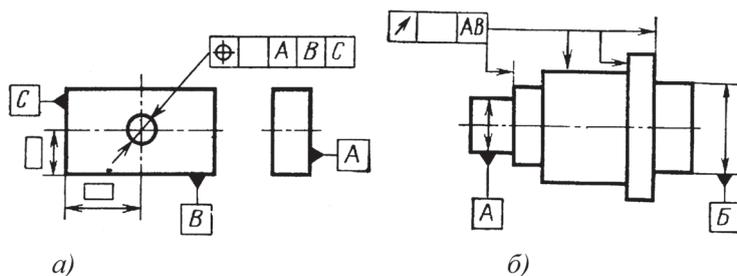


Рис. 2.10. Указание допусков

Т а б л и ц а 2.1

**Условные обозначения допусков**

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	
	Допуск торцового биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцового биения	
	Допуск формы заданного профиля	
Допуск формы заданной поверхности		



**Рис. 2.11. Обозначение баз:**  
а - буквенное; б - объединенных баз

2.1). Записи рекомендуется в основном применять для текстовой документации или в случаях, когда вид допуска или базирования не может быть выражен условным обозначением.

Опыт применения условных обозначений показал, что они удобны, наглядны, упрощают оформление документации, позволяют избежать разнобоя в текстовых формулировках.

При условном обозначении данные о допусках формы и расположении поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две части и более (рис. 2.10), в которых помещают (слева направо): в первой - знак допуска по табл. 2.1, во второй - числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей и последующих - буквенное обозначение базы (баз).

Перед числовым значением допуска, который можно задать в радиусном или диаметральном выражении, должен проставляться символ, указывающий способ выражения. Для допусков в диаметральном выражении применяют символ  $\varnothing$  при указании допусков соосности и прецизионных (если поле позиционного допуска круговое или цилиндрическое) - рис. 2.10, а или символ Т при указании допусков симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, позиционного допуска (если поле позиционного допуска ограничено двумя параллельными прямыми или плоскостями) - рис. 2.10, в. Символ  $\varnothing$  применяют также при указании цилиндрических полей допусков прямолинейности, параллельности, перпендикулярности и наклона осей. Для допусков в радиусном выражении используют соответственно символы R или T/2 (рис. 2.10; б, г).

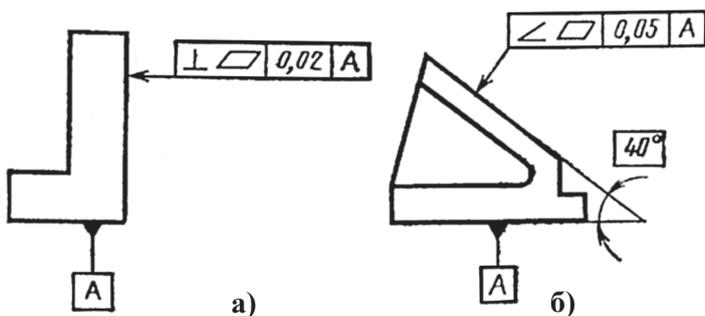


Рис. 2.12. Суммарные допуски

Если поле допуска сферическое, пишется слово "сфера" и соответственно символы  $O$  или  $P$  (рис. 2.10, д).

Существует правило базирования и указания баз в машиностроении. Буквенные обозначения каждого базового элемента вносятся слева направо в отдельное поле рамки (третье, четвертое и т.д.) в порядке убывания числа степеней свободы детали (например, на рис. 2.11, а база А лишает деталь трех, база В - двух, а база С - одной степени свободы).

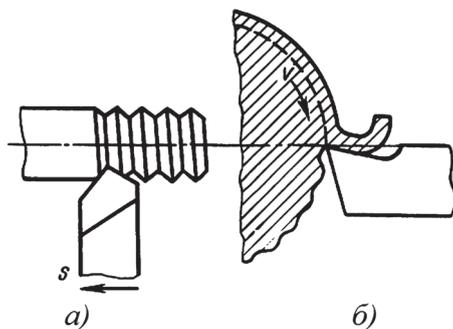
Если же два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они образуют общую ось), то их буквенные обозначения вписывают вместе в третье поле рамки (рис. 2.11, б).

Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков в такой последовательности: знак допуска расположения, знак допуска формы.

Например, рис. 2.12, а - знак суммарного допуска перпендикулярности поверхности относительно основания  $0,02$  мм, рис. 2.12, б - знак суммарного допуска наклона и плоскостности поверхности относительно основания  $0,05$  мм.

Отклонения размеров и других параметров готовой детали от указанных в чертеже определяют погрешность обработки, величина которой должна находиться в пределах допуска.

**Погрешности** подразделяют на систематические и случайные. К систематическим относятся погрешности, которые при обработке партии деталей повторяются на каждой детали. Си-

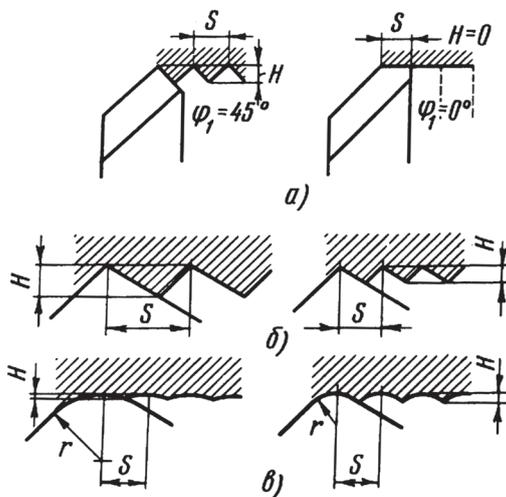


**Рис. 2.13. Образование шероховатости поверхности при токарной обработке:**

а - поперечной; б - продольной

стематические погрешности по величине больше случайных и определяют точность обрабатываемой детали.

Основными причинами систематических погрешностей обработки являются: неточность станка (например, непрямолинейность направляющих станины или неперпендикулярность направляющих оси шпинделя, неточность изготовления шпинделя и его опор и т.д.); деформация сборочных единиц (узлов) и деталей станка под действием сил резания и нагрева в процессе работы; неточность изготовления режущих инструментов, приспособлений и их износ; деформация инструментов и приспособлений под действием сил резания и нагрева в процессе обработки; погрешности установки и базирования заготовки на станке; деформация обрабатываемой заготовки под действием сил резания и зажима, а также из-за нагрева в процессе обработки; погрешности, возникающие при установке инструментов и их настройке на размер; погрешности в процессе измерения, вызываемые неточностью измерительных инструментов и приборов, их износом и деформациями, а также ошибкой рабочего при оценке показаний измерительных устройств.



**Рис. 2.14. Высота  $H$  неровностей при точении:**

- а - влияние вспомогательного угла  $\varphi$  в плане; б - влияние подачи  $s$ ;  
в - влияние радиуса  $r$ , скругления режущей кромки резца

Т а б л и ц а 2.2

**Средняя экономическая точность и шероховатость при обработке заготовок**

Операция	Квалитет точности	Шероховатость $Ra$ , мкм
Точение наружное и растачивание: предварительное	12 и грубее	12,5
чистовое	10 и грубее	3,2—1,6
тонкое на станках класса П	5—6	0,8-0,4
Фрезерование: предварительное	12 и грубее	6,3
чистовое	8	3,2—1,6
тонкое	6	0,8—0,4
Сверление	11—12	6,3—3,2
Зенкерование	10 и грубее	3,2—1,6
Развертывание: предварительное	8 и грубее	1,6—0,8
чистовое	7	0,8—0,4
Протягивание отверстия	8—7	0,8—0,4
Шлифование наружное и внутреннее: чистовое	7	0,4—0,2
тонкое на станках класса П	5—6	0,1—0,05
Притирка	5 и точнее	0,1—0,25
Доводка	4 и точнее	0,05 и менее
Хонингование	5 и грубее	0,05—0,025
Суперфиниш	Точность заготовки	0,05 и менее

Причины, вызывающие систематические погрешности, можно установить и устранить.

К случайным, непредвиденным относятся погрешности, возникающие вследствие случайных упругих деформаций заготовки, станка, приспособления и режущего инструмента (например, из-за неоднородности обрабатываемого материала).

### **2.3. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ**

На поверхностях деталей после их механической обработки всегда остаются неровности. Совокупность неровностей, образующихся при обработке, называют шероховатостью поверхности.

Величина шероховатости оказывает непосредственное вли-

яние на качество неподвижных и подвижных соединений.

Детали с большой шероховатостью поверхности в неподвижных соединениях не обеспечивают требуемой точности и надежности сборки, а в подвижных соединениях быстро изнашиваются и не обеспечивают первоначальных зазоров.

На поверхности, например, обработанной токарным резцом, образуются неровности в виде винтовых выступов (рис. 2.13, а) и винтовых канавок (рис. 2.13, б).

Неровности, расположенные в направлении подачи  $s$ , образуют поперечную шероховатость, а неровности, расположенные в направлении скорости  $v$  резания – продольную шероховатость - волнистость.

Высота  $H$  и характер неровностей зависят от обрабатываемого материала, режима резания, геометрии режущих кромок инструмента и других факторов (рис. 2.14).

Величина  $H$  увеличивается с увеличением подачи и уменьшается с увеличением радиуса скругления режущей кромки инструмента.

При увеличении скорости резания высота  $H$  неровностей уменьшается. Увеличение вспомогательного угла в плане, уменьшение заднего угла, затупление режущей кромки приводят к увеличению шероховатости поверхности.

Средняя экономическая точность и шероховатость, получаемые на различных операциях технологического процесса при обработке заготовок из стали и серого чугуна, приведена в табл. 2.2.

В производственных условиях шероховатость обработанной поверхности детали оценивают методом сравнения с образцом или в инструментальной лаборатории на профилометре, инструментальном микроскопе и др. В качестве образца используют обработанную деталь, шероховатость поверхности которой аттестована.

## **ГЛАВА 3**

# **ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ ДЛЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

### **3.1. ТРЕБУЕМЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

Все детали машин в процессе эксплуатации в той или иной мере подвергаются воздействию внешних нагрузок. Нагрузки, действующие на деталь во время работы, весьма разнообразны. Они могут растягивать ее, сжимать, изгибать и т.д. При этом воздействия могут производиться плавно, постепенно (статически) или мгновенно (динамически). Воздействуя на деталь, внешние нагрузки изменяют ее форму, т.е. деформируют. Если к детали приложены нагрузки, не превышающие расчетные, то после прекращения их действия деталь принимает свою первоначальную форму, т.е. деформация исчезает.

Поэтому при выборе материала для конкретной детали машины необходимо исходить из условия, что изготовленная из него деталь будет обладать достаточным запасом прочности и надежности и устойчива к преждевременному износу. Так, пружины и рессоры должны быть упругими, оси - стойкими против истирания, валы должны быть устойчивы к изгибу, подшипники скольжения - обладать антифрикционными свойствами.

Качество материалов для создаваемых конструкций оценивается механическими, физическими и технологическими свойствами.

### 3.2. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Свойство материалов принимать первоначальную форму после прекращения действия внешних сил называется **упругостью**, а деформация, исчезающая после снятия нагрузки, получила название упругой. Если к детали прикладывать все возрастающую нагрузку, то при достижении ею определенных значений и после прекращения ее действия деталь не примет своей первоначальной формы, а останется деформированной. Такая деформация называется пластической. Способность материала деформироваться под действием внешних нагрузок не разрушаясь и сохранять измененную форму после прекращения действия нагрузок называется **пластичностью**.

Материалы, не способные к пластическим деформациям, называются хрупкими. Такие материалы при избыточной нагрузке или под действием удара разрушаются внезапно. К хрупким материалам относятся (стекло, камень, чугун, закаленная сталь и др).

Важным свойством материалов, наряду с упругостью и пластичностью, является **прочность**. Она характеризуется максимальной нагрузкой, которую выдерживает материал детали не разрушаясь.

Детали машин в зависимости от условий работы должны обладать определенными механическими свойствами (прочностью, упругостью и пластичностью).

Прочность, упругость и пластичность металлов определяют при испытании образцов круглой или плоской формы на растяжение. Основными параметрами являются размер диаметра  $d$  и расчетная, контролируемая, длина  $l_0$  образца (рис. 3.1). Испытания выполняют на разрывных машинах.

Для получения сравнимых результатов введено понятие нормальное напряжение. Нормальным напряжением называ-

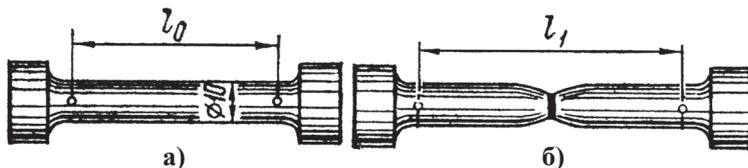


Рис. 3.1. Круглый образец до (а) и после (б) испытаний

ют нагрузку, приходящуюся на единицу площади поперечного сечения образца. Нормальное напряжение обозначается греческой буквой  $\sigma$  (сигма).

Для нагрузки  $P$  в ньютонах (Н) и площади поперечного сечения  $F$  в  $\text{мм}^2$ ,  $\sigma = P / F$  Па (паскаль).

Отношением наибольшей нагрузки, которую выдержал образец до разрыва, к первоначальной площади его поперечного сечения определяется величина предела прочности. *Пределом прочности* называется напряжение, отвечающее максимальной нагрузке, которую выдержал образец во время испытания, которое обозначается  $\sigma_b$  и выражается в Па.

Важная характеристика материалов - *удельная прочность*, которая определяется отношением предела прочности к удельному весу металла. Эта характеристика имеет большое значение при выборе материала, когда необходимо уменьшить массу машины.

Показатели пластичности, характеризующие способность металла деформироваться не разрушаясь, называют *относительное удлинение* и *относительное сужение*. Для получения этих показателей обе половины разорванного образца плотно прижимают друг к другу и измеряют длину рабочей части ( $\ell_k$ ), а также диаметр образца в том месте, где произошел разрыв ( $d_k$ ). Относительное удлинение обозначается греческой буквой  $\delta$  и измеряется в процентах. Его определяют формуле:

$$\delta = \frac{\ell_k - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

где  $\ell_0$  – первоначальная расчетная длина;  $\ell_k$  – расчетная длина после испытания.

Относительное сужение поперечного сечения образца  $\psi$ , также измеряемое в процентах, находят по формуле:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где  $F_0$  - площадь поперечного сечения образца до испытания;  
 $F_k$  - площадь сечения образца в месте разрыва (в шейке).

*Пределом текучести* называется наименьшее растягивающее напряжение, при котором деформация продолжает расти без изменения нагрузки, которое обозначается  $\sigma_T$  и выражается в Па.

Чем больше относительное удлинение и относительное сужение поперечного сечения образца, тем более пластичен металл. Так, например, техническое железо при растяжении до разрыва удлинится в 1,5 раза, у серого чугуна относительное удлинение и относительное сужение близки к нулю. Для изготовления большинства деталей машин и конструкций используют относительно пластичные материалы, так как они не подвержены опасности внезапного разрушения.

При длительной эксплуатации детали машин подвергаются повторно-переменным нагрузкам (растяжение-сжатие). При напряжениях, меньших предела текучести или предела упругости, они могут внезапно разрушиться. Это явление называется *усталостью металлов*.

Способность металлов работать в условиях многократных повторно- или знакопеременных нагрузок, определяют их предел выносливости (или усталости). *Пределом выносливости* (усталости) называют максимальное напряжение, которое выдерживает материал, не разрушаясь, при достаточно большом числе повторно-переменных нагружений (циклов).

Для стальных образцов эту характеристику устанавливают при 10 млн. циклов, для цветных металлов - при 100 млн. циклов. Предел выносливости обозначают греческой буквой  $\sigma_{-1}$  и измеряют в Па.

### **3.3. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

Основные физические характеристики материалов следующие:

– плотность - отношение массы вещества  $M$  к его объему  $V$ :

$$\gamma = \frac{M}{V}, \quad (3.3)$$

– температура плавления  $t_{пл}$  – температура превращения твердого вещества в жидкое;

– теплопроводность  $\lambda$  – процесс распространения тепла в неравномерно нагретом теле, обусловленный передачей энергии слоем между непосредственно соприкасающимися частями тела и не зависящий от движения тела или частей его.

$$\lambda = \frac{Q\ell}{F(t_1 - t_2)\tau}, \quad (3.4)$$

где  $Q$  - количества теплоты, проходящей через пластинку материала;  $\ell$  - толщина пластинки;  $F$  - площадь пластинки;  $(t_1 - t_2)$  - разность температур на ее сторонах;  $\tau$  - время;

– коэффициент линейного расширения  $\alpha$  – линейная деформация материала при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$ .

В процессе работы многие детали машин нагреваются до высоких температур, достигающих  $1000^\circ\text{C}$  и более. Для таких деталей важной характеристикой является **жаропрочность** - способность материалов сохранять необходимую прочность для сохранения своих параметров при высоких температурах.

У металлов и сплавов, работающих длительное время под нагрузкой при высоких температурах, наблюдается явление **ползучести**, т.е. непрерывная пластическая деформация под действием постоянной нагрузки (металл "ползет"). При работе под нагрузкой в обычных производственных условиях при умеренной температуре (до  $25^\circ\text{C}$ ) ползучесть у большинства металлов отсутствует (рис. 3.2).

**Твердость** – характеристика механических свойств метал-

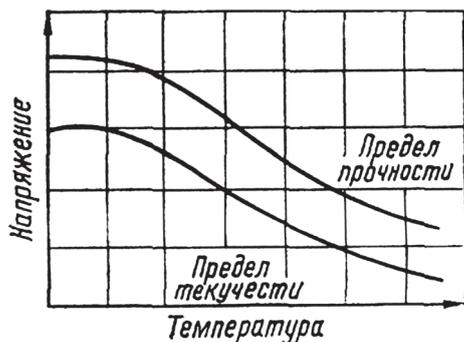


Рис. 3.2. Зависимость предела прочности и текучести от температуры

ла, влияющих на прочность и износостойкость поверхностей деталей и, в конечном счете, на габариты, вес и долговечность машины или механизма.

Твердость определяют глубиной проникновения под действием определенной нагрузки в поверхность металла наконечника прибора, имеющего форму шарика, конуса, пирамиды или иглы и изготовленного из малодеформирующегося материала (твердая закаленная сталь, алмаз, сапфир или твердый сплав).

Твердость можно оценить методом сравнения. Например, зная твердость напильника или наконечника, пробуют снять стружку или поцарапать испытываемую поверхность, ударом по шарикуну подшипника получить отпечаток на испытываемой поверхности и др.

В приборах для измерения твердости металлов наибольшее распространение получило измерение твердости вдавливанием. В результате вдавливания с достаточно большой нагрузкой поверхностные слои металла, находящиеся под наконечником и вблизи него, пластически деформируются. После снятия нагрузки остается отпечаток. Особенность происходящей при этом деформации заключается в том, что она протекает в небольшом объеме, окруженном недеформированным металлом. Пластическую деформацию при вдавливании могут испытывать не только пластичные, но и хрупкие металлы (например, чугун), которые при обычных механических испытаниях (на растяжение, сжатие, кручение, изгиб) разрушаются хрупко почти без макроскопически заметной пластической деформации. Таким образом, твердость, характеризующая сопротивление пластической деформации, представляет собой механическое свойство металла, отличающееся способом измерения от других его механических свойств.

При испытании на твердость можно определять количественную зависимость между твердостью пластичных металлов, установленной путем вдавливания, и другими механическими свойствами (главным образом пределом прочности).

*Метод Бринелля* используют для определения твердости как металлов, так и полимерных материалов. Измерения осуществляют с помощью шарикового твердомера. Образец (деталь) устанавливают на столике 3 в нижней части неподвижной станины пресса (рис. 3.3), зачищенной поверхностью вверх. Поворотом вручную маховика 5 по часовой стрелке столик поднимают до упора. Нажимают кнопку 4 и включают двигатель 6,

который перемещает кривошип 8 и постепенно нагружает шток 1. Под действием нагрузки, сообщаемой подвешенным к рычагу 10 грузом 9, шарик 2 вдавливается в образец. Нагрузка действует в течение определенного времени (10 - 60 с) в зависимости от твердости измеряемого материала (табл. 3.1), после чего вал двигателя, вращаясь в обратную сторону, перемещает кривошип и снимает нагрузку. После автоматического выключения двигателя поворотом маховика 5 против часовой стрелки опускают столик прибора и снимают образец. Время приложения нагрузки регулируется по шкале 7 реле двигателя. После испытания на образце остается отпечаток (лунка). Диаметр отпечатка измеряют лупой, на окуляре которой имеется шкала с ценой делений от 0,05 до 0,1 мм. Диаметр отпечатка измеряют с точностью до 0,05 мм (при вдавливании шарика диаметром 5 - 10 мм). Измерения выполняют в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Показателем твердости будет средняя из полученных величин.

При измерении твердости поверхностей крупных деталей (направляющие чугуновых станин) используют переносную лупу. Отпечатки на поверхности деталей образуются шариком, по

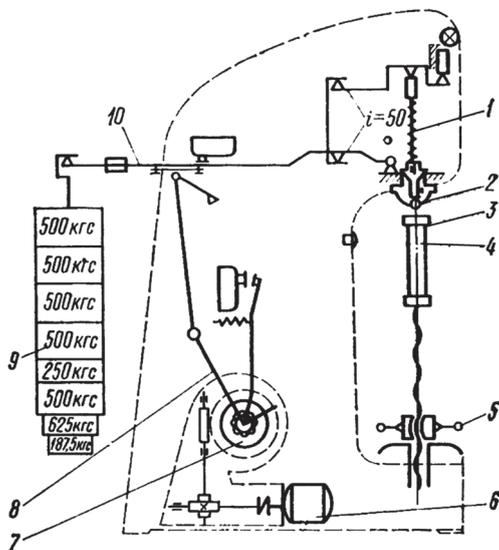


Рис. 3.3. Схема прибора Бринелля

которому в приспособлении производится тарированный удар.

*Твердость по Бринеллю* (НВ) - отношение нагрузки, действующей на шарик, к поверхности отпечатка:

$$HВ = \frac{P}{F} = \frac{P}{0,5\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (3.5)$$

где P – нагрузка, действующая на шарик, кгс; F – поверхность отпечатка, мм<sup>2</sup>; D – диаметр вдавливаемого шарика, мм; d – диаметр отпечатка, мм.

При прочих равных условиях диаметр отпечатка d зависит от твердости металла. Чем выше твердость испытуемого металла, тем меньше диаметр отпечатка. Твердость измеряют при постоянном соотношении между величиной нагрузки P и квадратом диаметра шарика D<sup>2</sup>. Это соотношение должно быть различным для металлов разной твердости.

Испытания вдавливанием шарика проводят с металлами небольшой и средней твердости (например, твердость стали должна быть не более 450 НВ).

Для измерения твердости поверхностей более 350 НВ применяют приборы, которые производят измерение твердости по глубине отпечатка, получаемого при вдавливании алмазного конуса или стального шарика - метод Роквелла.

*Твердость по Роквеллу* - условная характеристика, значение которой отсчитывается по шкале прибора для измерения твердости.

Этот метод позволяет изменять нагрузку в широких пределах без изменения значений твердости. Прибор (рис. 3.4) для измерения твердости по Роквеллу имеет столик 4, установленный в нижней части неподвижно станины. В верхней части станины укреплены индикатор 8 и шпиндельный узел 7, в котором имеется наконечник с алмазным конусом 6 (с углом при вершине 120°) или со стальным шариком диаметром 1,59 мм. На индикаторе 8 нанесены две шкалы (черная и красная) и имеются две стрелки - большая (указатель твердости), вращающаяся по шкале, и маленькая, по которой устанавливается величина предельной нагрузки, сообщаемой вращением маховика 3.

Плоская поверхность испытуемого образца, в которую вдавливается конус или шарик, должна быть тщательно отшлифована

на. Противоположная параллельная поверхность также должна быть ровной, зачищенной. Поворотом маховика 3 по часовой стрелке поднимают столик 4 таким образом, чтобы наконечник мог вдавливаться в поверхность установленного образца.

При дальнейшем подъеме столика приходят в движение стрелки на индикаторе. Подъем столика продолжают до тех пор, пока малая стрелка не примет вертикальное положение (красная точка на индикаторе). Это означает, что наконечник вдавился в образец под действием предварительной нагрузки, равной 100 Н (10 кгс). Предварительное нагружение проводят для того, чтобы исключить влияние упругой деформации и шероховатости поверхности образца на результаты измерений.

Когда образец получит предварительную нагрузку, равную 100 Н, большая стрелка на индикаторе примет вертикальное или близкое к нему положение. Для обеспечения точности измерения необходимо, чтобы большая стрелка совпала с нулем на черной шкале индикатора. Если большая стрелка не совпадает с нулем, не меняя величину предварительного на-

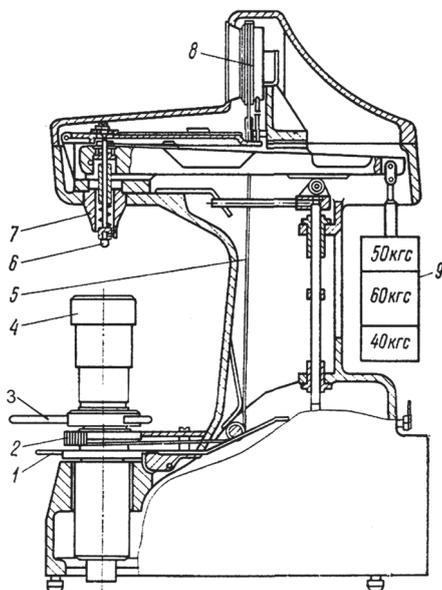


Рис. 3.4. Схема прибора Роквелла

гружения и, следовательно, не вращая маховик, поворачивают шкалу (круг) индикатора барабаном 2 через тросик 5 таким образом, чтобы нуль на черной шкале индикатора совпал с большой стрелкой. Отклонение стрелки от вертикали допускается в пределах  $\pm 5$  единиц шкалы.

Плавным движением нажимают клавишу 1, которая приводит в действие привод механизма нагружения основной нагрузкой, определяемой грузом 9. Один груз на рычаге сообщает образцу дополнительную нагрузку 500 Н (50 кгс), следовательно, общая нагрузка составит 600 Н (60 кгс), два груза - 900 Н (90 кгс) при общей нагрузке 1000 Н (100 кгс), три груза - 1400 Н (140 кгс) при общей нагрузке 1500 Н (150 кгс). На приборе указана общая нагрузка. При нагружении нагрузки большая стрелка перемещается по шкале влево, против часовой стрелки. Время приложения основной нагрузки - 5 – 7 с. Стрелка возвращается в обратную сторону автоматически при снятии основной нагрузки (предварительная нагрузка остается). Цифра, которую указывает на шкале индикатора большая стрелка, является показателем твердости по Роквеллу. Записав эту цифру, поворачивают маховик против часовой стрелки, опускают столик прибора с образцом и снимают тем самым предварительную нагрузку.

Для каждой детали рекомендуется проводить не менее трех испытаний. С помощью прибора измеряют глубину отпечатка от алмазного конуса (стального шарика) или, точнее, разность между глубинами отпечатков, полученных от вдавливания наконечника под действием основной и предварительной нагрузок. Твердость по Роквеллу возрастает с увеличением твердости материала, что позволяет сравнивать показатели твердости по Роквеллу и по Бринеллю. Вместе с тем твердость по Роквеллу не имеет той размерности и того физического смысла, который имеет твердость по Бринеллю.

Однако показатель твердости по Роквеллу можно пересчитать на показатель твердости по Бринеллю с помощью диаграммы (рис. 3.5) или таблицы, построенных на основании многочисленных экспериментальных работ (табл. 3.2).

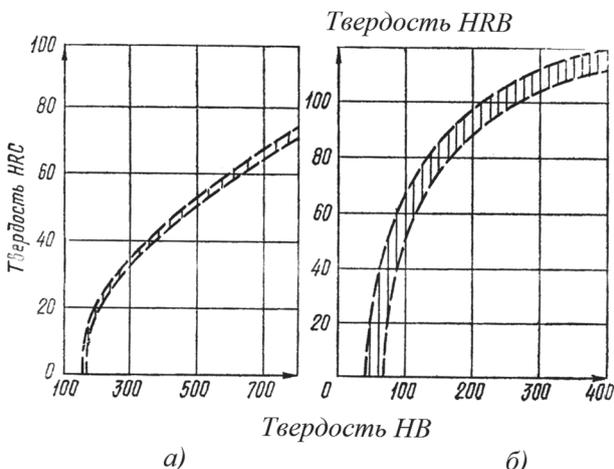
Твердость по Роквеллу можно измерять алмазным конусом с общей нагрузкой 1500 Н (150 кгс); в этом случае значение твердости характеризуется цифрой, на которую указывает стрелка на черной шкале С индикатора; твердость обозначается HRC; например, 65 HRC означает, что твердость материала составляет

65 единиц по Роквеллу по шкале С с нагрузкой 1500 Н (150 кгс).

Алмазным конусом с нагрузкой 1500 Н (HRC) измеряют твердость: закаленной или низкоотпущенной стали (твердостью более 450 HB), т.е. в условиях, когда вдавливание стального шарика (по Бринеллю или Роквеллу) в твердый материал может вызвать деформацию шарика и искажение результатов; материалов средней твердости (более 230 HB), так как испытание алмазным конусом осуществляется быстро и приводит к меньшему изменению измеряемой поверхности, чем при испытании по Бринеллю; тонких поверхностных слоев, но толщиной более 0,5 мм (например, цементированного слоя).

Твердость по Роквеллу также можно измерять алмазным конусом с общей нагрузкой 600Н (60кгс); в этом случае значение твердости также характеризуется цифрой, на которую указывает стрелка на черной шкале С индикатора, но твердость обозначается HRA; твердость HRA можно перевести в твердость HRC по формуле:  $HRC = 2 HRA - 104$ .

Алмазным конусом с нагрузкой 600 Н (60 кгс, HRA) измеряют твердость очень твердых металлов (более 70 HRC), например твердых сплавов, когда вдавливание алмазного конуса с большей нагрузкой может вызвать выкрашивание алмаза, так-



**Рис. 3.5. Диаграммы соотношения твердости по Бринеллю и Роквеллу:**  
а - при вдавливании алмазного конуса; б - при вдавливании стального шарика

Т а б л и ц а 3.1

**Условия для выбора шкалы при испытаниях по Роквеллу**

Примерная твердость		Обозначение шкалы прибора для испытания по Роквеллу	Тип наконечника	Нагрузка, кгс	Допускаемые пределы измерения твердости по шкале Роквелла
по Бринеллю HB	по Виккерсу HV				
До 240	60 – 240	В	Стальной шарик	100	25 – 100
240 – 670	240 – 900	С	Алмазный конус	150	20 – 67
375 – 670	390 – 900	А	Алмазный конус	60	70 – 85

же твердых поверхностных слоев (0,3–0,5 мм) и тонких образцов (пластинок).

Твердость по Роквеллу также можно измерять стальным шариком с общей нагрузкой 1000 (100 кгс); в этом случае значение твердости характеризуется цифрой, на которую указывает стрелка на красной шкале В индикатора; твердость обозначается HRB.

Стальным шариком с нагрузкой 1000 Н (100 кгс, HRB) определяют твердость мягкой (отожженной) стали или отожженных цветных сплавов в деталях или образцах толщиной 0,8–2 мм, т.е. в условиях, когда измерение твердости по Бринеллю, выполняемое шариком большего диаметра, может вызвать смятие образца.

Выбор шкалы (А, В или С) производится по табл. 3.1. Расстояние от центра отпечатка до края образца или до центра другого отпечатка должно быть не менее 1,5 мм при вдавливании конуса и не менее 4 мм при вдавливании шарика, толщина образца - не менее 10-кратной глубины отпечатка.

Твердость следует измерять не менее чем в трех точках (особенно алмазным конусом), т.е. не менее трех раз на одном образце. Для расчета лучше принимать среднее значение результатов второго и третьего измерений и не учитывать результат первого измерения. Для определения твердости по Роквеллу требуется меньше времени (30 – 60 с), чем по Бринеллю, причем результат измерения виден на шкале (указан стрелкой). При измерении твердости по Роквеллу остается меньший отпечаток на поверхности детали. Твердость очень тонких слоев металла (толщиной менее 0,3 мм) при нагрузках 600 и 1500 Н (60 и 150 кгс) измерять нельзя, так как алмазный конус проникает на глубину, превышающую толщину этих слоев. Вместе с тем с увеличением твердости измеряемого ма-

Т а б л и ц а 3.2

**Соотношение чисел твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу**

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю Dш=10 мм, P=3000 кг		Твердость по Роквеллу		
	диаметр отпечатка, мм	число твердости	шкал		
			С (150 кг)	В (100 кг)	А (60 кг)
1224	2,20	780	72	-	84
1116	2,25	745	70	-	83
1022	2,30	712	68	-	82
941	2,35	682	66	-	81
868	2,40	653	64	-	80
804	2,45	627	62	-	79
746	2,50	601	60	-	78
694	2,55	578	58	-	78
650	2,60	555	56	-	77
606	2,65	534	54	-	76
587	2,70	514	52	-	75
551	2,75	495	50	-	74

териала глубина отпечатка уменьшается, вследствие чего снижается точность измерения (особенно металлов твердостью более 60 HRC). Для этих целей иногда применяют приборы типа суперроквелл, с помощью которых измеряют твердость при меньшей нагрузке и с меньшей глубиной вдавливания. Предварительная нагрузка при этом составляет 30 Н (3 кгс). Каждое деление шкалы индикатора такого прибора соответствует глубине вдавливания, равной 1 мкм. Поэтому чувствительность данного прибора заметно выше.

Для измерения твердости поверхностей более 350 НВ также применяют приборы, которые производят измерение твердости по глубине пирамидального отпечатка - метод Виккерса.

*Твердость по Виккерсу* - отношение нагрузки на стандартную пирамиду при вдавливании ее вершины в исследуемый материал к площади поверхности пирамидального отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = 1,8544 \frac{P}{D^2}, \quad (3.6)$$

где D - диагональ отпечатка.

Используя таблицу (табл. 3.2), твердость по Бринеллю можно перевести на твердость по Роквеллу и Виккерсу. Обычно по Бринеллю приводится твердость  $HV \leq 350$ , по Роквеллу -  $HRC \leq 60$ , твердость свыше 60HRC приводят по шкале Виккерса, например - 1200 HV.

### **3.4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Технологические свойства металлов - это часть общих их физико-химических свойств. Знание этих свойств позволяет более обоснованно проектировать и изготавливать изделия с улучшенными для данного металла (сплава) качественными показателями.

Основные технологические свойства материалов следующие:

- обрабатываемость резанием - свойство металла или сплава обрабатываться резцом или абразивом. Обрабатываемость металла резанием оценивается скоростью затупления резца при точении на заданных режимах резания с обеспечением заданных параметров шероховатости поверхности и выражается в процентах от обрабатываемости стали повышенной обрабатываемости резанием или свинцовистой латуни соответственно для сталей или медных сплавов;

- обрабатываемость давлением в горячем и холодном состоянии оценивают различными технологическими пробами (на осадку, на изгиб, на вытяжку сферической лунки и др.), характеристиками пластичности, твердости и упрочнения материала при температуре обработки;

- свариваемость - способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми механическими характеристиками. Ее оценивают сравнением свойств сварных соединений со свойствами основного металла или сплава. Свариваемость считается тем выше, чем больше способов сварки может быть применено, шире пределы допускаемых режимов сварки. Для оценки технологической свариваемости определяют структуру, механические свойства и склонность к образованию трещин металла шва в зоне шва;

- литейные свойства определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации, плотностью и жидкотекучестью расплава, литейной усадкой и др.).

**Жидкотекучесть** - это способность металла заполнить литейную форму. Она зависит от вязкости, поверхностного натяжения и температуры заливки расплава. Чем выше жидкотекучесть расплава, тем легче заполнять сложную литейную форму.

**Усадка** показывает разницу между линейными размерами модели и отливки. Чем меньше усадка металла, тем меньше его склонность к образованию усадочных раковин.

**Пластичность** или **деформируемость** - способность металла изменять форму при гибке, ковке, штамповке и прессовании без нарушения целостности материала заготовки. Оптимальные показатели позволяют получить детали без внутренних и внешних дефектов.

**Упрочняемость** металлов и сплавов определяются способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

### 3.4.1. Термическое упрочнения сталей

Термическая обработка - один из важнейших логических процессов, используемый во всех отраслях машиностроения. Термической обработкой называется тепловая обработка металлов и сплавов, при которой происходит изменение их строения, а следовательно свойств. Механические свойства стали при этом изменяются в очень широких пределах.

Процесс термической обработки состоит из трех переходов, следующих один за другим: нагрева до определенной температуры, выдержки при заданной температуре и охлаждения с

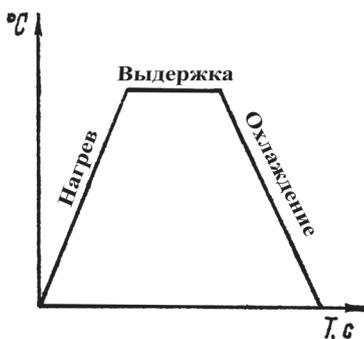


Рис. 3.6. График термической обработки

различной скоростью от заданной температуры до комнатной температуры. Таким образом, процесс термической обработки зависит прежде всего от температуры и времени. Следовательно, любой процесс термической обработки можно изобразить в виде графика, на котором по оси ординат указывается температура, а по оси абсцисс - время (рис. 3.6).

Регулируя температуру и время, можно осуществлять следующие виды термической обработки стали: отжиг, нормализацию, закалку и отпуск.

**Отжиг** - процесс термической обработки, при котором металл сначала нагревают до определенной температуры, выдерживают при этой температуре, а затем медленно охлаждают, чаще всего вместе с печью. В результате отжига в стали образуются равновесные структурные составляющие.

Отжиг чаще всего является предварительной операцией термической обработки, осуществляемой с целью устранения дефектов предыдущих операций (литья,ковки и др.) либо подготовки структуры для последующей обработки резанием или закалки.

Для получения мелкозернистой структуры проводят *полный отжиг*. Отжигу подвергают изделия (чаще всего из конструкционной стали), перегретые при обработке давлением или при термической обработке, а также поковки, прокат, фасонное литье. Этот отжиг производится для снятия вредных внутренних напряжений. При измельчении зерна снижается твердость стали, повышаются ее вязкость и пластичность, снижаются внутренние напряжения, улучшается обрабатываемость. Изделия из такой стали более надежны при эксплуатации.

Такой отжиг не требует высокой температуры. Изделия достаточно нагреть до температуры, при которой проявляются пластические свойства стали, т.е. до 500–600° С, выдержать при этой температуре некоторое время и затем медленно охладить вместе с печью.

**Нормализация** – один из видов термической обработки. При нормализации стали нагревают до температуры, при которой проявляются пластические свойства стали. Выдерживают при этой температуре некоторое время и затем охлаждают на спокойном воздухе для получения тонкопластинчатой перлитной структуры. От отжига нормализация отличается более быстрым охлаждением (примерно в два раза быстрее). Кроме того, этот процесс более экономичный, так как охлажде-

ние изделий при нормализации осуществляется вне печи. Однако применять нормализацию вместо отжига не всегда возможно, поскольку у некоторых сталей после нее значительно возрастает твердость (например, у сталей, содержащих свыше 0,4% углерода). Такие стали лучше отжигать, хотя на практике их часто подвергают нормализации, а затем высокому отпуску при 650–700°С для уменьшения твердости.

Нормализацию применяют для получения мелкозернистой структуры в отливках и поковках, устранения наклепа, подготовки стали к закалке. Рекомендуется подвергать нормализации малоуглеродистые стали, так как у них практически отсутствует разница в свойствах после отжига и нормализации. Для некоторых изделий нормализация является не предварительной, а окончательной операцией термической обработки. В этом случае после нормализации изделия должны пройти высокий отпуск для снятия внутренних напряжений, образующихся при охлаждении на воздухе.

**Закалка** – самый распространенный и в то же время наиболее сложный вид термической обработки, так как она протекает при очень больших скоростях охлаждения, что приводит к образованию значительных внутренних напряжений. При закалке стали нагревают до температуры получения структуры аустенита (выше 800–1000°С), выдерживают некоторое время при этой температуре, а затем быстро охлаждают в воде, масле, растворах солей, кислот, щелочей, на воздухе и в других средах, а также с помощью металлических плит. Процесс охлаждения чаще всего применяется с целью повышения твердости и прочности стальных изделий. Максимальная твердость при этом достигается за счет получения структуры мартенсита. Закаливанию подвергают валы, шестерни, пружины, штампы, зубила, резцы, фрезы и др. Закалка с последующим отпуском позволяет изменять свойства стали в широком диапазоне.

Закаливаемость и прокаливаемость стали – важнейшие характеристики стали, подвергаемой закалке.

*Закаливаемость* – это способность стали к повышению твердости при закалке. Некоторые стали обладают плохой закаливаемостью (имеют недостаточную твердость после закалки).

*Прокаливаемость* – глубина проникновения закалки при закалке массивных изделий. Различные слои изделия при закалке охлаждаются неодинаково. Поверхностный слой, который непосредственно соприкасается с закалочной жидкостью,

охлаждается с большей скоростью, чем внутренние слои. Наименьшая скорость охлаждения - в центре изделия. Чем выше критическая скорость закалки стали, тем ниже ее прокаливаемость. Углеродистые стали имеют высокую критическую скорость закалки, поэтому у них низкая прокаливаемость. Из углеродистой стали не изготавливают массивные изделия, у которых должны быть высокие механические свойства по всему сечению. Такие изделия обычно выполняют из легированной стали, имеющей более высокую прокаливаемость.

### 3.4.2. Отпуск и старение

**Отпуском** называется процесс термической обработки, при котором закаленная сталь нагревается ниже температуры отжига, выдерживается при этой температуре и затем охлаждается. В процессе отпуска уменьшаются или устраняются внутренние напряжения, повышаются вязкость и пластичность стали, снижается ее твердость, улучшается структура.

В зависимости от температуры нагрева различают три вида отпуска:

1) *низкотемпературный* (низкий) отпуск проводят с нагревом до 150–200°С. Этот отпуск снижает внутренние напряжения в стали при сохранении высокой твердости (58–63 HRC). Он применяется преимущественно для инструмента из углеродистых и низколегированных сталей, а также для деталей, подвергаемых поверхностной закалке, цементации и нитроцементации, к которым предъявляются высокие требования по твердости и износостойкости;

2) *среднетемпературный* (средний) отпуск осуществляется при температурах 350–500°С. Целью этого отпуска является получение структуры тростита. Твердость закаленной стали при этом снижается до 40–50 HRC, предел упругости достигает максимальной величины. Среднему отпуску подвергают ресурсы и пружины;

3) *высокотемпературный* (высокий) отпуск проводится при температурах 550–680°С. Сталь при этом приобретает структуру сорбита (сорбит отпуска). Твердость закаленной стали снижается до 250–350 HB, прочность уменьшается в 1,5–2 раза, пластичность и вязкость увеличиваются в несколько раз, внутренние напряжения полностью снимаются. Закалка с высоким отпуском называется улучшением. Улучшенная сталь по срав-

нению с отожженной или нормализованной имеет более высокие показатели прочности, пластичности и вязкости. Температура отпуска определяется по цветам побежалости.

**Старение** - изменение свойств стали с течением времени без заметного изменения микроструктуры. В результате старения прочность и твердость повышаются, пластичность и вязкость снижаются. Старение приводит к изменению размеров и короблению изделий. Если старение протекает при комнатной температуре, его называют естественным, если при повышенной температуре - искусственным. Старению подвергают станины станков, плунжеры, калибры, скобы и другие изделия, размеры и геометрическая форма которых не должны изменяться в процессе их эксплуатации.

Известны два вида старения - термическое и деформационное (механическое).

*Термическое старение* происходит в результате изменения растворимости углерода в железе в зависимости от температуры. *Деформационное старение* протекает в сплаве, подвергнутом пластической деформации при температуре ниже температуры рекристаллизации. Процесс этого старения длится 15 суток и более при комнатной температуре и всего несколько минут при температурах 200–350°С.

*Искусственное старение* закаленных и отпущенных при низкой температуре изделий производится после предварительной механической обработки при 100–180°С с выдержкой в течение 18–35 ч и медленным охлаждением. *Естественное старение* осуществляется на открытом воздухе под навесом, где на изделия воздействуют температурные изменения, влажность и давление воздуха. Оно длится от 3 месяцев до 2 лет. Естественному старению подвергают станины прецизионных станков, корпусные детали весьма ответственного назначения, рамы роялей и пианино. Его результатом является снижение внутреннего напряжения, стабилизация размеров и геометрической формы изделий.

### **3.4.3. Поверхностное упрочнение стали**

Поверхностной называется такая закалка, при которой высокую твердость приобретает лишь часть поверхностного слоя стали. Она отличается от всех рассмотренных ранее способов закалки методом нагрева. При такой обработке до температу-

ры закаливают только поверхностный слой изделия. При быстром охлаждении лишь этот слой подвергается закалке. Остальная часть не закаливается и сохраняет структуру и свойства, которые были до закалики.

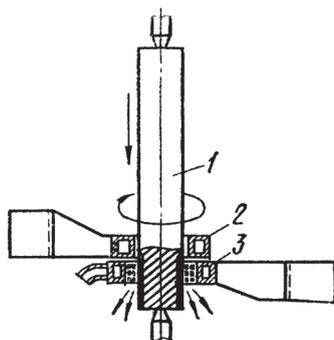
Некоторые методы поверхностного упрочнения отличаются высокой производительностью. В ряде случаев они с большой эффективностью используются вместо обычных методов термической обработки.

**Поверхностная закалка индукционным нагревом токами высокой частоты (ТВЧ).** Этот высокопроизводительный, прогрессивный метод термической обработки обеспечивает повышение механических свойств стали, в том числе предела текучести, усталости и твердости, исключает возможность обезуглероживания, уменьшает опасность окисления поверхности изделий и их деформации.

Индукционный нагрев металла достигается путем индукции вихревых токов. Электромагнитное поле создается индуктором, подключенным через трансформатор напряжения к источнику переменного тока непосредственно или к частотному преобразователю напряжения на 10...100 тыс. Гц.

Чем выше частота тока, тем меньше глубина проникновения его в проводник и, следовательно, тем меньше глубина закалики. Распределение тока по сечению проводника зависит от его природы и свойств.

Процесс нагрева токами высокой частоты осуществляется следующим образом. Изделие 1, подлежащее нагреву, помещают внутрь спирали из медной трубки (рис. 3.7), т.е. в индук-



**Рис. 3.7.** Поверхностная закалка токами высокой частоты оси вала при одновременном нагреве и охлаждении

тор 2. Через индуктор пропускают ток высокой частоты большой силы, который создает вокруг изделия мощное переменное магнитное поле, в результате чего изделие перемагничивается много раз в секунду, в нем возникают короткозамкнутые вихревые токи. Вследствие явления поверхностного эффекта токи сосредотачиваются в поверхностном слое изделия и нагревают его на определенную глубину. Продолжительность нагрева токами высокой частоты весьма мала - она исчисляется секундами.

Изделие 1 (рис. 3.7), установленное в центрах, для равномерности нагрева непрерывно вращают с определенной скоростью. Закалка происходит при вертикальном перемещении изделия сверху вниз. При таком перемещении в магнитное поле индуктора 2 последовательно поступает один участок изделия за другим и нагревается до температуры закалки. Под индуктором расположено охлаждающее устройство 3, представляющее собой согнутую кольцом перфорированную трубку, через отверстия которой на нагретые участки изделия поступает вода и охлаждает изделие.

После закалки для уменьшения внутренних напряжений изделия подвергают низкому отпуску (при 160–200°С). Глубина закалки - 3–5 мм.

**Поверхностная закалка в электролите** применяется при установившемся технологическом процессе, когда длительное время изготавливаются одни и те же изделия из стали определенных марок. Например, закалка ведущих колес гусеничных тракторов производится в 14–16%-ном водном растворе кальцинированной соды. Закаливаемое изделие (рис. 3.8) при-

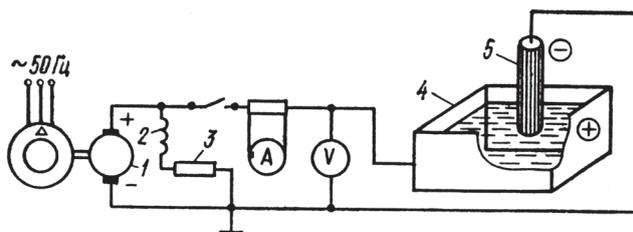


Рис. 3.8. Схема закалки детали в электролите:

- 1 - генератор постоянного тока;
- 2 - обмотка возбуждений генератора;
- 3 - регулирующий реостат;
- 4 - ванна с электролитом (анод);
- 5 - деталь (катод)

соединяют к отрицательному полюсу генератора постоянного тока и опускают в ванну с электролитом. Погруженное на заданную глубину изделие нагревается за несколько секунд, после чего ток выключают. Как правило, тот же электролит является и охлаждающей средой. При нагреве в электролите происходят электролитические и электроэрозионные процессы, которые очищают нагреваемую поверхность изделий от окисных пленок, ухудшающих теплопередачу. Скорость нагрева в электролите - до 150°С/с.

**Поверхностная импульсная закалка** применяется для деталей сложной формы: ленточные пилы, режущий инструмент (фрезы, сверла), рычаги, оси. Закаливаемую часть детали за очень короткий промежуток времени нагревают до температуры, превышающей температуру обычного нагрева данного материала под закалку, и затем охлаждают с большой скоростью за счет отвода тепла в остальную массу детали без применения охлаждающих сред. В результате импульсной закалики получают закаленный "белый" слой, устойчивый при отпуске до температуры 450°С, обладающий мелкозернистой структурой, высокой твердостью и износостойкостью.

При импульсной поверхностной закалке применяют высокочастотные генераторы, работающие в импульсном режиме: аппаратуру для точечной сварки или лазерные установки. Такая закалка позволяет исключить деформации, трещины, повысить коррозионную стойкость деталей, заменить в некоторых случаях легированную сталь на углеродистую.

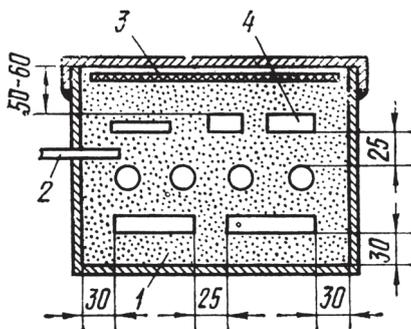
**Химико-термическая обработка стали** применяется, когда к свойствам поверхностного слоя металла и к свойствам внутренних слоев детали предъявляются различные требования. Например, зубья шестерен в процессе работы испытывают сильное трение, поэтому они должны обладать большой твердостью. Однако ступица и внутренняя часть зубьев должны иметь небольшую твердость и хорошую вязкость, с тем чтобы зубья не разрушались от толчков и ударов. Следовательно, зубья шестерен должны быть твердыми на поверхности и вязкими в сердцевине.

Если деталь работает в морской воде или в среде кислот и щелочей, ее поверхность должна хорошо сопротивляться коррозии. Для повышения устойчивости детали против коррозии требуется определенный химический состав ее поверхностного слоя. Вместе с тем внутренние слои металла не вхо-

дят в соприкосновение с указанными средами, поэтому могут иметь обычный химический состав. Для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностного слоя сталей осуществляется их тепловая обработка в химически активной среде, называемая химико-термической обработкой.

При химико-термической обработке происходят следующие процессы: распад молекул и образование атомов диффундирующего элемента (диссоциация), поглощение атомов поверхностью (адсорбция) и проникновение атомов в глубь металла (диффузия). Основные виды химико-термической обработки стали: цементация, азотирование, цианирование, нитроцементация, сульфо-цианирование, алитирование, хромирование, силицирование, борирование и др.

*Цементация* – диффузионное насыщение поверхностного слоя детали углеродом. После цементации выполняется термическая обработка - закалка и низкий отпуск. Цементации подвергают детали, работающие на истирание, испытывающие при работе вибрацию и удары. Такие детали должны иметь твердую закаленную поверхность, хорошо сопротивляющуюся истиранию, и вязкую сердцевину, способную выдерживать динамические нагрузки. Если подобные детали изготовить из стали с высоким содержанием углерода, то после термической обработки поверхность их будет твердой и износостойчивой, а сердцевина твердой и хрупкой. В результате ударных нагрузок такие детали могут разрушиться. Детали из малоуглеродистой стали будут мягкими и вязкими, выдержат вибра-



**Рис. 3.9. Схема укладки деталей в цементационный ящик:**

1 - карбюризатор; 2 - контрольный образец - "свидетель"; 3 - асбест;  
4 - детали

цию и удары, но зато быстро изнашиваются при истирании. Оптимальные свойства достигаются в том случае, если детали изготавливаются из малоуглеродистой стали, а затем подвергаются цементации с последующей закалкой.

Цементации подлежат детали из стали, содержащие до 0,3% углерода. Поверхность деталей насыщается углеродом в пределах от 0,8 до 1%. Цементация осуществляется в твердых, газообразных и жидких средах (карбюризаторах).

При цементации в твердом карбюризаторе используется металлический ящик (стальной, чугунный или из жаропрочного сплава). Детали располагают в ящике в шахматном порядке. Вместе с деталями в ящик загружают цилиндрический образец - "свидетель", изготовленный из стали той же марки, из которой выполнены детали. По "свидетелю" определяют глубину цементированного слоя (рис. 3.9). В качестве карбюризатора служит смесь древесного угля (60–90%) и углекислых солей бария  $\text{BaCO}_3$  и натрия  $\text{NaCO}_3$ . Ящики закрывают крышкой, обмазывают шамотной глиной, просушивают, устанавливают в печь и выдерживают при температуре 900–950 °С.

При нагреве углерод древесного угля соединяется с кислородом воздуха, образуя окись углерода (СО), которая разлагается с образованием атомарного углерода, диффундирующего в деталь;  $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}_{\text{атомарный}}$ . Двуокись углерода взаимодействует с древесным углем и вновь образует окись углерода:  $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$  и т.д.

В единичном производстве используется цементация пастами. В состав паст входят: сажа, углекислый натрий или барий, желтая кровяная соль, щавелевокислый натрий, мазут, декстрин и разжижители. Компоненты разводят до сметанообразного состояния. Пасту наносят кистью или погружением в нее деталей. Толщина слоя нанесенной пасты - 3–4 мм. Детали укладывают в цементационный ящик. Процесс цементации осуществляют при температуре 920–930° С. Цементация пастами позволяет ускорить процесс науглероживания, повысить объем использования печи.

При массовом и крупносерийном производствах хорошие результаты дает газовая цементация в специальных герметически закрытых печах.

Высокую скорость науглероживания (0,12–0,15 мм/ч) обеспечивает жидкостная цементация. Она осуществляется в соляной ванне следующего состава: 75–80%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 10–15%  $\text{NaCl}$

и 6–10% SiC (карборунд). Процесс ведется при температуре 850–860°С. Добавление в ванну хлористого аммония NH<sub>4</sub>Cl интенсифицирует процесс.

Защита участков поверхности от цементации и нирицементации производится путем гальванического меднения, забивкой отверстий и внутренних полостей смесью шамотного или кварцевого песка с порошком окалины.

После цементации детали подвергают термической обработке для обеспечения высокой твердости поверхности, исправления структуры перегрева и устранения карбидной сетки в цементированном слое. Закалку производят при 780–850°С с последующим отпуском при 150–200°С. При этом происходит измельчение зерна цементированного слоя и частично зерна сердцевины.

*Азотирование* – химико-термическая обработка, при которой происходит диффузионное насыщение поверхностного слоя азотом. В результате азотирования обеспечиваются высокая твердость поверхностного слоя (до 72 HRC), высокая усталостная прочность, теплостойкость, минимальная деформация, большая устойчивость против износа и коррозии. Азотирование проводят при температурах 500–520°С в течение 8–90 ч. Глубина азотированного слоя - 0,1–0,8 мм. По окончании процесса азотирования детали охлаждают до 200–300°С вместе с печью в потоке аммиака, а затем на воздухе. Повышение температуры ускоряет процесс, но снижает твердость азотированного слоя.

Азотированию с целью повышения твердости поверхности подвергают зубчатые колеса, гильзы, валы и другие детали из сталей 38ХЛША, 38ХВФЮА, 18Х2Н4ВА, 40ХНВА и др. Азотирование - последняя операция в технологическом процессе изготовления деталей. Перед азотированием проводят полную термическую и механическую обработку (даже шлифование), после азотирования допускается только доводка со съемом металла до 0,02 мм на сторону.

*Антикоррозионное азотирование* любых сталей выполняют на небольшую глубину при температурах 600–700°С в течение 1–2 ч. Такое азотирование часто совмещают с закалкой при 770–850°С (стали У8, У10 и др.) с выдержкой 10–15 мин и охлаждением в воде или масле.

При процессе жидкостного азотирования деталей в расплавленных цианистых солях (40% KCNO и 60% NaCN), через кото-

рые при 570°С в течение 1–3 ч пропускают кислород. Толщина азотированного слоя - 0,15–0,5 мм. В результате распада солей в сталь диффундирует азот, на поверхности деталей образуется тонкий слой карбонитрида  $Fe_3(CN)$  с высоким сопротивлением износу и коррозии. Азотированный слой не склонен к хрупкому разрушению. Твердость азотированного слоя углеродистых сталей - до 350 HV, легированных - до 1100 HV. Недостатки процесса - токсичность и высокая стоимость цианистых солей. Жидкостное азотирование рекомендуется для зубчатых колес, штампов, пресс-форм и других деталей. Защита участков поверхности от насыщения азотом производится нанесением олова (гальваническим методом или методом окунания; толщина слоя – 10 мкм), обмазкой жидким стеклом с наполнителем (мел, тальк, асбест, окись хрома и др.), химическим никелированием заделкой отверстий металлическими пробками. В ряде отраслей промышленности используется ионное азотирование, ионитрование или азотирование в плазме тлеющего разряда. Благодаря своим преимуществам эти виды азотирования постепенно вытесняют газовое азотирование.

*Ионное азотирование* осуществляется в герметичном контейнере, в котором создается разреженная азотосодержащая атмосфера. Для этой цели применяется чистый азот, аммиак или смесь азота и водорода. Размещенные внутри контейнера детали подключают к отрицательному полюсу источника постоянной электродвижущей силы. Они выполняют роль катода. Анодом служит корпус контейнера. Между анодом и катодом включают высокое напряжение (500–1000 В), происходит ионизация газа. Образующиеся положительно заряженные ионы азота устремляются к отрицательному полюсу–катоде.

Высокая кинетическая энергия, которой обладали ионы азота, переходит в тепловую. Деталь за короткое время (15–30 мин) разогревается до 470–580°С, происходит диффузия азота в глубь металла, т.е. азотирование.

Ионное азотирование по сравнению с азотированием в печах позволяет сократить общую продолжительность процесса в 2–3 раза, уменьшить деформацию деталей за счет равномерного нагрева, создает возможность регулирования процесса с целью получения азотированного слоя с заданными свойствами. Толщина азотированного слоя – 1 мм и более, твердость поверхности – 500–1500 HV. Ионному азотированию подвергают детали насосов, форсунок, хо-

довые винты станков, валы и многое другое.

*Цианирование* – процесс химико-термической обработки, заключающийся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали углеродом и азотом в расплавленных цианистых солях. Результаты цианирования определяются глубиной слоя, а также концентрацией углерода и азота в поверхностном слое и зависят от температуры и продолжительности процесса. Глубина цианированного слоя – 0,015–0,04 мм.

*Нитроцементация* – процесс химико-термической обработки, при котором происходит одновременное насыщение поверхностных слоев стальных изделий углеродом и азотом в газовой среде. Процесс осуществляют в газовой смеси из углероживающего газа и диссоциированного аммиака при 850–870° С, время выдержки – 2–10 ч, толщина получаемого слоя – 0,2–1 мм. После нитроцементации детали закаливают и затем подвергают низкому отпуску при 160–180° С. Твердость поверхностного слоя – 60–62 HRC.

При глубине слоя более 1 мм трудно предотвратить его перенасыщение азотом и образование дефектов структуры, снижающих усталостную прочность. Поэтому для легированных сталей процесс выполняют в атмосфере с минимальным количеством аммиака (до 3%). В этом случае насыщение слоя углеродом происходит значительно интенсивней, чем азотом. Такой процесс называют *карбонитрированием*. Нитроцементации подвергают преимущественно малолегированные и углеродистые стали при повышенном содержании в них аммиака. По сравнению с газовой цементацией нитроцементация проводится при более низкой температуре с меньшей продолжительностью процесса, обеспечивает большую износостойкость деталей, меньшее их коробление, позволяет регулировать насыщение поверхностного слоя. Преимуществом нитроцементации является также безвредность процесса.

*Сульфоцианирование* – один из видов химико-термической обработки, при которой поверхность стальных деталей насыщается одновременно серой, углеродом и азотом. Процесс проводят при 580–590° С в течение 3 ч в ваннах с расплавленными карбидами, поташом, желтой кровяной солью и гипосульфитом натрия. При разложении этих солей образуются атомарные углерод, азот и сера, которые адсорбируются на поверхности детали и диффундируют в глубь металла. При этом создается наружный слой из сульфидов железа с нит-

ридными включениями и графитом с малой твердостью. Далее располагается слой из карбонитридов. Внутренний слой представляет собой азотистый аустенит. Сульфоцианированные детали имеют высокий коэффициент трения и очень хорошую износостойкость. Сульфоцианирование применяется для упрочнения металлических фрикционных деталей.

*Диффузионная металлизация* – диффузионное насыщение поверхностного слоя стали металлом (алюминием, хромом, кремнием, бором и др.) с целью изменения его состава и структуры. В зависимости от металла, используемого для диффузионной металлизации, различают алитирование, хромирование, силицирование, борирование и другие виды химико-термической обработки.

*Алитирование* – диффузионное насыщение поверхностного слоя стали алюминием в соответствующей среде. Основная цель процесса – получение высокой жаростойкости поверхностей стальных деталей. Алитирование осуществляют в порошкообразных смесях, ваннах с расплавленным алюминием при температурах 700–800° С в течение 45–90 мин, а также напылением с последующим диффузионным отжигом при 900–1000° С. Толщина алитированного слоя - 0,2–1 мм. Алитированию подлежат детали газогенераторных машин, чугунные колосники, цементационные ящики, чехлы термопар и другие детали из низкоуглеродистой и среднеуглеродистой стали, специальной стали и серого чугуна.

*Хромирование* – диффузионное насыщение поверхностного слоя стали хромом в соответствующей среде с целью повышения его коррозионной стойкости, жаростойкости, твердости и износостойкости. Для хромирования используются твердая, жидкая и газовая среды. Процесс ведут при 900–1100° С в течение 5–20 ч. Толщина слоя - 0,1–0,3 мм, твердость хромированного слоя средне- и высокоуглеродистой стали – 1200–300 HV.

*Силицирование* – процесс диффузионного насыщения стали кремнием в соответствующей среде, обеспечивающий повышение коррозионной стойкости и жаростойкости поверхностей стальных деталей, а также резкое увеличение жаростойкости молибдена и некоторых других металлов и сплавов. Силицирование проводят в порошкообразных смесях, состоящих из 60% ферросилиция, 30% окиси алюминия и 1% хлористого аммония, а также в газовой среде, которая создается во вращающихся ретортах, в которых происходит разложение хлорида кремния

Т а б л и ц а 3.3

**Условные обозначения видов термической обработки**

Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение
Отжиг	О	Закалка с охлаждением в масле до твердости 47,5 — 51,5 HRC <sub>3</sub>	M48	Цементация и закалка с охлаждением в воде до твердости 32,2— 36,8 HRC <sub>3</sub>	Ц-В48
Нормализация	Н	Изотермическая закалка до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>3</sub>	ИЗО48	Цементация и закалка с нагревом ТВЧ до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>а</sub>	Ц-ТВЧ48
Улучшение	У	Закалка с нагревом ТВЧ до твердости 32,2— 36,8 HRC <sub>3</sub>	ТВЧ48	Жидкостная цементация	ЦЖ
Закалка с охлаждением в воде до твердости 32—42 HRC <sub>3</sub>	В35	Цементация и закалка с охлаждением в масле до твердости 32,2 — 36,8 HRC <sub>3</sub>	Ц-М48	Азотирование до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>3</sub>	АТ48

(SiCl<sub>4</sub>), при 950–1050° С с выдержкой 2–5 ч. Толщина силицированного слоя - 0,5–1 мм, твердость - 200–300 HV.

*Борирование* - диффузионное насыщение поверхностного слоя стали бором при нагревании в соответствующей среде с целью повышения твердости, коррозионной стойкости, теплоустойчивости и жаростойкости поверхностей стальных деталей. Толщина борированных слоев не превышает 0,3 мм, твердость – 1800–2000 HV. Недостаток борированного слоя - высокая хрупкость. Борированию подвергают траки, втулки грязевых и нефтяных насосов и другие сильно изнашивающиеся детали.

Условные обозначения видов термической обработки представлены в табл. 3.3.

### **3.5. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ**

#### **3.5.1. Чугуны. Основные свойства, марки и их применение**

Чугун и сталь - основные машиностроительные материалы. Они составляют 95% всех используемых в технике сплавов.

Чугун - сплав на железной основе. Принципиальное отличие чугуна от стали заключается в более высоком содержании в нем углерода (более 2,14%). Наибольшее распростра-

нение получили чугуны, содержащие 3–3,5% углерода. В состав чугунов входят те же примеси, что и в сталь, т.е. кремний, марганец, сера и фосфор, но в несколько больших количествах.

Чугун – самый распространенный железоуглеродистый нековкий литейный материал, содержащий свыше 2% углерода, до 4,5% кремния, до 1,5% марганца, до 1,8% фосфора и до 0,08% серы. В практике применяют чугуны, содержащие 3 ÷ 3,5% углерода.

Чугун обладает высокими литейными свойствами, поэтому широко используется в литейном производстве в качестве конструкционного материала. Он хорошо обрабатывается резанием. Из чугуна, имеющего невысокий коэффициент трения, изготавливают подшипники скольжения. Специально обработанный чугун (высокопрочный) по показателям качества успешно конкурирует со стальным литьем и ковальной сталью.

Недостаточная прочность и большая хрупкость чугуна объясняются наличием в нем крупных включений углерода в виде графита.

Введение в жидкий чугун небольшого количества магния и церия изменили форму графита, он стал шаровидным. Чугун приобрел прочность и утратил хрупкость. Такой чугун (его называют высокопрочным) по своему качеству не уступает конструкционным углеродистым сталям. Стойкость деталей, изготовленных из этого чугуна, увеличилась почти в три раза.

Углерод в чугунах может находиться в виде химического соединения - цементита (такие чугуны называют белыми) или частично или полностью в свободном состоянии в виде графита - (такие чугуны называют серыми).

Чугуны состоят из металлической основы (перлита, феррита) и неметаллических включений графита. Они различаются главным образом формой графитовых включений. Белый чугун имеет ограниченное применение. Некоторые отливки, от которых требуется повышенная твердость поверхностного слоя, изготавливают из отбеленного чугуна. Поверхностный слой его состоит из белого чугуна, а сердцевина - из серого. Величину и твердость отбеленного слоя регулируют путем изменения химического состава чугуна и скорости затвердевания отливки.

**Чугун серый** широко применяется в машиностроении. Такое название он получил по серому цвету излома, обусловленному наличием в структуре чугуна свободного углерода в виде гра-

фита. По виду металлической основы различают серые чугуны перлитные, перлитно-ферритные и ферритные.

Графит обладает низкими механическими свойствами. Он нарушает целостность металлической основы. Располагаясь между зернами металлической основы, графит ослабляет связь между ними. Поэтому серый чугун плохо сопротивляется растяжению и имеет очень низкую пластичность и вязкость. Чем крупнее и прямолинейнее графитовые включения, тем хуже механические свойства чугуна. Твердость серого чугуна, а также его сопротивление сжатию близки к показателям стали, имеющей такую же структуру как у металлической основы чугуна.

Графит оказывает и некоторое положительное влияние на свойства чугуна, в частности, он повышает его износостойкость, действуя аналогично смазке, повышает обрабатываемость резанием, так как делает стружку ломкой, способствует гашению вибраций изделий, уменьшает усадку при изготовлении отливок.

Механические свойства серого чугуна могут быть улучшены равномерным распределением мелкопластинчатого графита в отливке. Это достигается путем специальной обработки - модифицирования, когда в жидкий чугун перед его разливкой вводят добавки, которые образуют дополнительные центры графитизации, в результате чего получается мелкопластинчатый графит. Чугун с таким графитом называют модифицированным. От обычного серого чугуна он отличается более высоким сопротивлением разрыву, однако пластичность и вязкость его при модифицировании не улучшаются.

По ГОСТ 1412–85 буквы СЧ в обозначения марки чугуна означают - серый чугун. Двухзначная цифра соответствует пределу прочности при растяжении  $\sigma_b$  МПа. Марки чугунов: Сч10, Сч15, Сч18, Сч20, Сч25, Сч30, Сч35, Сч45.

Предел прочности серых чугунов  $\sigma_b = 274 \div 637$  МПа, твердость –  $143 \div 637$  НВ.

**Чугун высокопрочный с шаровидным графитом.** Высокопрочный чугун получают путем введения магния (до 0,9%) и церия (до 0,05%) в жидкий серый чугун перед разливкой его в формы. В этом чугуне сочетаются ценные свойства стали и чугуна. Он обладает сравнительно высокой прочностью при достаточной пластичности и вязкости. Высокопрочный чугун с успехом заменяет стальное литье и даже стальные поковки, что дает большой экономический эффект. Изделия из высоко-

копрочного чугуна благодаря его повышенной износостойкости могут работать в условиях трения. Высокопрочный чугун лучше, чем серый, сохраняет свою прочность при нагреве, поэтому может применяться для работы при температурах до 400 °С (серый чугун выдерживает температуру до 250 °С).

ГОСТ 7293-85 нормирует предел прочности  $\sigma_b$ , предел текучести  $\sigma_T$ , относительное удлинение  $\delta$  и твердость HB высокопрочных чугунов. Требования к отливкам из этих чугунов устанавливаются нормативно-технической документацией. Принцип маркировки высокопрочных чугунов (ВЧ) отличается от маркировки серых чугунов. В обозначение их марки входят два числа - первое указывает предел прочности на разрыв, второе - относительное удлинение. Например, марка чугуна ВЧ 42–12 означает, что данный чугун имеет предел прочности  $\sigma_b = 412$  Н/мм<sup>2</sup> (42 кгс/мм<sup>2</sup>) и относительное удлинение  $\delta = 12\%$ .

Стандарт предусматривает 10 марок высокопрочных чугунов: ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-7, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2, ВЧ 70-2, ВЧ 80-2, ВЧ 100-2, ВЧ 120-2. Стандарт или справочник дает дополнительные сведения об этом чугуне: предел текучести  $\sigma_T = 274$  Н/мм<sup>2</sup> (28 кгс/мм<sup>2</sup>), твердость – 140 ÷ 200 HB.

Из высокопрочных чугунов изготавливают многие детали (в том числе фасонные), которые ранее получали из стали, базовые и корпусные детали повышенной прочности (корпуса и станины станков, крупные планшайбы, гильзы, каретки, цилиндры, кронштейны, зубчатые колеса, накладные направляющие станков и детали с поверхностной закалкой). Они заменяют стали 20Л, 25Л, 30Л и 35Л.

**Чугун ковкий.** В структуре ковкого чугуна графит имеет хлопьевидную форму. Такой графит называют углеродом отжига. По сравнению с серым чугуном ковкий чугун обладает более высокой прочностью, пластичностью и вязкостью. Свое название он получил потому, что имеет повышенную пластичность. Ковке в прямом понимании этого слова чугун не подвергается.

По ГОСТ 1215–79 маркируется ковкий чугун по тому же принципу, что и высокопрочный. Например, марка чугуна КЧ 33–8 означает, что данный чугун имеет предел прочности  $\sigma_b = 323$  Н/мм<sup>2</sup> (33 кгс/мм<sup>2</sup>) и относительное удлинение  $\delta = 8\%$ .

Отливки из ковкого чугуна можно получить с сечением до 55 мм.

Чугуны ферритного класса КЧ 35–10 и КЧ37–12 используют для производства деталей, эксплуатируемых при высоких

динамических и статических нагрузках (картеров, редукторов, ступиц, крюков, скоб, задних мостов, кронштейнов), а чугуны марок КЧ 30–6 и КЧ 33–8 – для изготовления менее ответственных деталей (хомутов, гаек, вентилях, деталей сельскохозяйственных машин, глушителей, фланцев, муфт, тормозных деталей, педалей, гаечных ключей, колодок, кронштейнов). Ковкие чугуны перлитного класса марок КЧ 45-7, КЧ 50-4, КЧ 50-5, КЧ 60-3, КЧ 65-3, КЧ 70-2, КЧ 80-1,5 обладают высокой прочностью, умеренной пластичностью и хорошими антифрикционными свойствами. Из них получают вилки карданных валов, шестерни, червячные колеса, поршни, подшипники, звенья и ролики конвейерных цепей, втулки, муфты, тормозные колодки, коленчатые валы. Твердость ферритных ковких чугунов - до 163 НВ, перлитных - до 320 НВ.

**Чугун легированный.** Свойства чугуна можно улучшить путем введения в его расплав легирующих элементов, оказывающих благоприятное влияние не только на его металлическую основу, но также на форму и размеры графитных включений, способствующих значительному измельчению структуры чугуна.

Требования к легированным чугунам для отливок с повышенной жаростойкостью, коррозионной стойкостью, износостойкостью или жаропрочностью регламентированы ГОСТ 7769-82. По основному легирующему элементу чугуны со специальными свойствами подразделяются на пять видов: хромистые, кремнистые, алюминиевые, марганцевые и никелевые, маркируется легированный чугун по тому же принципу, что и высокопрочный: буква Ч означает чугун, буква Ш - шаровидная форма графита, буквы русского алфавита, соответствующие легирующим химическим элементам, и цифры после букв означают приблизительное содержание легирующих элементов в целых процентах. Например, марка чугуна ЧХ16 означает, что данный легированный чугун содержит хрома 16%.

### **3.5.2. Стали углеродистые. Основные свойства, марки и их применение**

Сталь является наиболее распространенным материалом в машиностроении. Создание новых более совершенных машин стимулирует создание марок сталей со свойствами, отвечающими современным требованиям в машиностроении. При

этом ранее созданные марки сталей, с учетом новых технологий их производства, продолжают быть востребованы конструкторами при создании новых и совершенствовании действующих машин. Принято выделять следующие группы сталей: углеродистые стали, которые в общем объеме составляют примерно 80%, легированные стали конструкционные и инструментальные, стали с особыми свойствами специального назначения и др.

Сталь – сплавы железа с углеродом и другими элементами, содержащие до 2,14% углерода. Углерод – важнейшая примесь стали. От его содержания зависят прочность, твердость и пластичность стали. Кроме железа и углерода в состав стали входят кремний, марганец, сера и фосфор. Эти примеси обычно попадают в сталь в процессе выплавки и являются ее неизбежными спутниками. Если марганец и кремний необходимы по условиям технологии выплавки, то сера и фосфор относятся к вредным примесям, не поддающимся полному удалению. В малом количестве в стали постоянно присутствуют скрытые примеси: кислород, водород, азот. Чем меньше вредных примесей, тем выше качество стали. В зависимости от качества различают стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

**Стали углеродистые обыкновенного качества** относятся к числу наиболее дешевых и широко применяемых. Из них получают до 70% всего проката – горячекатаного, сортового и фасонного толсто- и тонколистового, широкополосного и холоднокатаного тонколистового. Из этих сталей изготавливают трубы, поковки, штамповки, ленту, проволоку, металлические изделия (метизы): гвозди, канаты, сетки, болты, гайки, заклепки, а также мало- и средненагруженные детали – штифты, шайбы, шпонки, крышки, кожухи, а из стали номеров 4–6 – валы, винты, зубчатые колеса и шпиндели. Стали обыкновенного качества хорошо свариваются.

Буквы Ст означают "сталь", цифры от 0 до 6 – условный номер марки, характеризующий механические свойства стали. С увеличением номера марки повышаются предел прочности  $\sigma_b$  и предел текучести  $\sigma_t$  и уменьшается относительное удлинение  $\delta$ . Для обозначения степени раскисления после номера марки ставятся индексы: кп – кипящая, пс – полуспокойная, сп – спокойная (например: СтЗкп, СтЗпс, СтЗсп).

**Стали углеродистые качественные конструкционные** при-

меняют в основном для изготовления деталей машин: валы, шпиндели, оси, зубчатые колеса, шпонки, муфты, фланцы, фрикционные диски, винты, гайки, упоры, тяги, цилиндры гидрориводов, эксцентрики, звездочки цепных передач, т.е. деталей различной степени нагружения. Они хорошо обрабатываются давлением и резанием, лютуются и свариваются, подвергаются термической, термомеханической и химико-термической обработке. Различные специальные виды обработки обеспечивают вязкость, упругость и твердость сталей, позволяют делать из них детали, вязкие в сердцевине и твердые снаружи, что резко увеличивает их износостойкость и надежность. Из углеродистых качественных конструкционных сталей производят прокат, поковки, калиброванную сталь, сталь серебрянку, сортовую сталь, штамповки и слитки.

Качественные конструкционные стали обладают более высокими механическими свойствами (ГОСТ 1050-88), чем стали обыкновенного качества, за счет меньшего содержания в них фосфора, серы и неметаллических включений. По видам обработки их делят на горячекатаную, кованую, калиброванную и серебрянку (со специальной отделкой поверхности).

В обозначение марки стали входят слово «Сталь» и двузначная цифра, которая указывает на среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, Сталь 25 содержит 0,25% углерода (допустимое количество углерода - 0,22–0,30%), Сталь 60–0,60% (допустимое количество - 0,57–0,65%). В марках полуспокойных и кипящих сталей добавляют соответственно обозначение буквами "пс" и "кп". В качественных конструкционных сталях всех марок допускается содержание серы не более 0,040% и фосфора - не более 0,035%.

Примерное назначение углеродистой качественной конструкционной стали:

– 08кп, 10 - детали, изготавливаемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубки, прокладки, крепеж, колпачки, цементируемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины (втулки, валики, упоры, копыры, зубчатые колеса, фрикционные диски);

– 15, 20 - малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копыры, оси, шестерни), тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.;

– 30, 35 - детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы);

– 40, 45 - детали, от которых требуется повышенная прочность (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валики и др.);

– 50, 55 - зубчатые колеса, прокатные валики, штоки, бандажи, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и рессоры и др. Применяют после закалки с высоким отпуском и в нормализованном состоянии;

– 60 - детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали).

**Стали углеродистые инструментальные.** Из инструментальных углеродистых сталей получают горячекатаную, кованую и калиброванную сталь, сталь серебрянку, сталь для сердечников, а также слитки, листы, ленту, проволоку и другую продукцию. Из этих сталей изготавливают режущий инструмент для обработки металлов, дерева и пластмасс, измерительный инструмент, штампы для холодного деформирования.

Теплостойкость инструментальных углеродистых сталей не превышает 200 °С, при нагревании выше этой температуры они теряют свою твердость, а следовательно режущие свойства и износостойкость.

Инструментальные углеродистые стали условно можно разделить на две группы (ГОСТ 1435-99): качественные стали У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12 и У13 и высококачественные марок У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У 11А, У12А и У13А.

Инструментальная сталь должна обладать высокой твердостью, значительно превышающей твердость обрабатываемого материала, износостойкостью и теплостойкостью (способностью сохранять свойства при высоких температурах).

**Стали и сплавы легированные** относятся к железоуглеродистым материалам, которые кроме обычных примесей (марганца, кремния, серы и фосфора) содержат ряд элементов, специально вводимых в сталь при ее выплавке для получения заданных свойств. Эти элементы называют легирующими. Наиболее распространенные легирующие элементы указывают в марках металлов и сплавов, буквенное обозначение которых приведено рядом с названиями этих элементов: никель

- Н, хром - Х, вольфрам - В, молибден - М, титан - Т, ванадий - Ф, алюминий - Ю, медь - Д, кобальт - К, бор - Р, кремний - С и марганец - Г, если они специально введены в сталь, также являются легирующими элементами. При этом содержание кремния должно быть выше 0,5%, а марганца - выше 0,8%.

подавляющая часть легированных сталей содержит два или несколько легирующих элементов, так как совместное их действие значительно влияет на изменение свойств стали, чем действие одного элемента, даже если он вводится в большом количестве.

Название легированных сталей определяется основными легирующими элементами, входящими в их состав, например: хромистая, хромомарганцовая, хромоникелевая, хромоникель-молибденовая и т.п.

В зависимости от области применения легированные стали подразделяют на три группы:

- конструкционные стали, предназначенные для изготовления деталей машин и конструкций;

- инструментальные стали, используемые для производства режущих и измерительных инструментов, штампов и пресс-форм;

- стали и сплавы с особыми физическими и химическими свойствами - коррозионностойкие, жаростойкие, жаропрочные, магнитомягкие, магнитотвердые, с заданным коэффициентом теплового расширения и др.

В зависимости от содержания вредных примесей различают *качественную легированную сталь* (не более 0,035% серы, также и фосфора), *высококачественную* - А (не более 0,025% серы, также и фосфора), *особо высококачественную* - Ш (до 0,015% серы и до 0,025% фосфора). Буква Ш ставится через дефис в конце марки стали, например 30ХГС-Ш, 30ХГСА-Ш.

В обозначение марок легированных сталей (ГОСТ 4543-71) входят заглавные буквы русского алфавита, соответствующие определенным химическим элементам, содержащимся в стали, и цифры, обозначающие количество легирующих элементов и углерода.

Первые одна или две цифры (слева) характеризуют среднее содержание углерода: одна цифра - в десятых долях процента, две цифры - в сотых долях. В марках некоторых инструментальных легированных сталей с содержанием углерода около 1% цифра не ставится. Цифры после букв означают

приблизительное содержание легирующих элементов в целых процентах. При содержании легирующего элемента до 1,5% цифра после буквы может не проставляться (это делается в исключительных случаях). Например, 40X означает хромистую легированную конструкционную сталь, содержащую 0,4% углерода и около 1% хрома; 15H2M - конструкционную легированную никельмолибденовую сталь с содержанием 0,15% углерода, 2% никеля и до 1% молибдена.

Маркировка высококачественных сталей отличается наличием буквы А, проставляемой в конце марки. Например, 18X2H4MA означает хромоникельмолибденовую конструкционную легированную высококачественную сталь с содержанием 0,18% углерода, 2% хрома, 4% никеля и до 1% молибдена; 38X2MЮА - хромоалюминиевую конструкционную высококачественную сталь, имеющую в своем составе 0,38% углерода, 2% хрома, до 1% молибдена и до 1% алюминия. Буква А не ставится в обозначении высококачественных инструментальных легированных сталей и сплавов с особыми свойствами. Например, 8Х4ВЗМЗФ2 - инструментальная легированная сталь для режущего и измерительного инструмента (0,8% углерода, 4% хрома, 3% вольфрама, 3% молибдена и 2% ванадия).

Иногда в обозначении марок сталей в начале ставятся буквы, указывающие области их применения: А - автоматные стали повышенной обрабатываемости резанием (А12, А35), Ш - шарикоподшипниковые стали (ШХ15, ШХ9), Р - быстрорежущие стали (Р18, Р6М5К5), Св - сварочные и наплавочные стали и сплавы (Св-12ГС, Св-08ХН2ГМТА). Особое внимание следует обратить на букву А, которая может содержаться в начале обозначения марки стали, в середине и в конце. Если буква А стоит в начале марки, она указывает область применения стали (автоматная конструкционная сталь повышенной и высокой обрабатываемости резанием, например А40ХЕ), если в конце марки, значит сталь высококачественная (например 20Х2Н4А), буква А, стоящая в середине марки, означает азот, например 10Х14АП5. Стали, предназначенные для специального производства (исследуемые или пробные), часто маркируют условно, например по месту их выплавки: Э - "Электросталь", З - Златоустовский металлургический комбинат, Д - завод "Днепрспецсталь" - ЭИ868, ЭП48, ЗИ, ДИ (И - значит исследовательская, П - пробная).

**Стали инструментальные легированные.** Инструментальные легированные стали (ГОСТ 5950-2000) применяются для изготов-

ления режущего измерительного инструмента, а также штампов.

Стали, предназначенные для изготовления режущего инструмента (резцов, сверл, фрез и др.), должны обладать высокой твердостью ( $HRC \geq 62$ ) и износостойкостью.

Условия работы измерительного инструмента (скоб, калибров) близки к условиям работы режущего инструмента при низких режимах резания. Для измерительного инструмента важны малая деформация при термической обработке и сохранение постоянства размеров.

*Стали инструментальные легированные для режущего и измерительного инструмента*

Стали неглубокой прокаливаемости:

7ХФ – деревообрабатывающий инструмент (топоры, стамески, долота), инструмент, работающий с ударными нагрузками (зубила, пуансоны);

8ХФ – штампели для холодной обработки, ножи для холодной резки металлов, абразивные матрицы и пуансоны для холодной обрезки заусенцев, кернеры;

9ХФ – рамные, ленточные и круглые строгальные пилы, ножи, обрезные матрицы и пуансоны для холодной работы, кернеры и др.;

11ХФ – метчики, плашки, развертки, сверла и фрезы диаметром до 30 мм;

13Х – бритвенные ножи, лезвия, острый хирургический инструмент, шаберы, штихели, гравировальный инструмент;

ХВ4 (ХВ5) – резцы, фрезы, сверла и развертки для обработки твердых металлов при небольших скоростях резания, валки с закаленной поверхностью, гравировальные резцы, работающие в напряженных условиях;

В2Ф – ленточные пилы по металлу и ножовочные полотна.

Стали глубокой прокаливаемости:

9Х1 – валки для холодной прокатки, дрессировочные валки (для отделочной операции в производстве тонких полос), клейма, пробойники, холодновысадочные матрицы и пуансоны, деревообрабатывающий инструмент;

Х – зубила для насечки напильников, очень твердые кулачки эксцентриков и пальцев, цилиндрические гладкие калибры и калиберные кольца, резцы токарные, строгальные и долбежные для лекальных и ремонтных мастерских (участков);

12Х1 – измерительный инструмент (плитки, калибры, шаблоны, скобы);

9ХС, ХГС – сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампели, клейма для холодных работ;

ХГС – валки для холодной прокатки, холодновысадочные матрицы и пуансоны, вырубочные штампы диаметром (толщиной) до 70 мм;

ХВГ – измерительный и режущий инструмент, для которого недопустимо повышенное коробление при закалке, резьбовые калибры, протяжки, длинные метчики и развертки, плашки, фасонные резцы и другие виды специального инструмента, холодновысадочные матрицы и пуансоны, технологическая оснастка;

9ХВГ – резьбовые калибры, лекала сложной формы, сложные и точные штампы для холодных работ (при термообработке не должны подвергаться объемным изменениям и короблению);

ХВСГ – круглые плашки, развертки, фасонные резцы и другой режущий инструмент;

8Х6НФТ, 9Х5ВФ – ножи для деревообрабатывающих станков, строгальные пилы, фрезы, сверла и другой деревообрабатывающий инструмент;

8Х4ВЗМЗФ2 (ЭП570) – деревообрабатывающий инструмент, работающий в тяжелых условиях с нагревом режущей кромки, режущий (вырубной) инструмент для обработки металлов в холодном состоянии (ножи трубообразующих прессов, гильотин и ножниц), инструмент для холодной пластической деформации (шлиценкатные ролики, пуансоны, матрицы, накатники).

Стали для ударного инструмента:

4ХС – зубила, обжимки, ножницы для горячей и холодной резки металла, штампы горячей вытяжки;

6ХС – пневматические зубила, штампы небольших размеров для холодной штамповки, рубильные ножи;

4ХВ2С – пневматический инструмент, зубила, обжимки;

5ХВ2С, 6ХВ2С – инструмент для холодной обработки металла, ножи, резьбонакатные плашки, пуансоны и обжимные матрицы, деревообрабатывающий инструмент, предназначенный для длительной работы;

6ХВГ – пуансоны сложной формы для холодной прошивки фигурных отверстий в листовом и полосовом материале, небольшие штампы для горячей штамповки деталей сложной формы.

**Стали инструментальные быстрорежущие** получили такое название потому, что изготовленные из них инструменты могут работать при больших скоростях резания без потери своих свойств.

Чем больше скорость резания, тем выше температура разогрева режущей части инструмента. Углеродистые, а также большинство легированных инструментальных сталей при температурах 250–300° С теряют свою твердость вследствие изменения структуры, поэтому не могут использоваться для изготовления инструмента, работающего при больших скоростях резания.

Замечательное свойство быстрорежущих сталей - высокая красностойкость, т.е. способность сохранять высокую твердость и режущую способность при нагревании до 600–650° С. Это свойство выделяет быстрорежущие стали из числа всех других инструментальных сталей. Красностойкость определяется в основном двумя факторами: химическим составом и термической обработкой. Быстрорежущие стали имеют сложный химический состав. Наиболее важным легирующим элементом их является вольфрам (6–18%). Они содержат также ванадий (1–5%). Вольфрам и ванадий почти целиком находятся в виде карбидов, которые, растворяясь в кристаллической решетке железа, обеспечивают красностойкость сталей. Во все быстрорежущие стали входит хром (3–4,5%), большая часть которого растворяется в кристаллической решетке железа. Содержащиеся в быстрорежущих сталях легирующие элементы уменьшают критическую скорость закалки, в результате чего стали становятся самозакаливающимися – они закаляются даже при охлаждении на воздухе. Некоторые быстрорежущие стали содержат кобальт, который повышает их красностойкость, так как препятствует разрастанию карбидов при нагревании. Однако с увеличением содержания кобальта и ванадия стали плохо шлифуются, повышается их чувствительность к обезуглероживанию. Для того чтобы придать быстрорежущим сталям высокие режущие свойства, их подвергают термической обработке по специальному режиму, который отличается от термической обработки других инструментальных сталей.

Для быстрорежущих сталей принят (ГОСТ 19265-73) следующий принцип маркировки: в начале марки стрит буква Р, следующая за ней цифра указывает среднее содержание вольфрама в процентах, содержание ванадия (в процентах) показывает цифра, стоящая за буквой Ф, молибдена - цифра за буквой М, кобальта – цифра за буквой К. Содержание хрома в марке не указывается, так как оно примерно одинаково у сталей всех марок. Если ванадия содержится менее 2%, он также не указывается. Быстрорежущие стали имеют в своем составе

от 0,7 до 1,55% углерода (тем выше, чем больше содержится ванадия). Например, марка стали P18K5Ф2, это значит, что сталь содержит 18% вольфрама, 5% кобальта, 2% ванадия.

Быстрорежущие стали условно можно разделить на две группы: первая группа - стали, не содержащие кобальта, вторая группа - стали, содержащие повышенное количество кобальта и ванадия. Быстрорежущие стали подразделяются на горячекатаную кованую, калиброванную и серебрянку.

*Марки быстрорежущих сталей, их краткие характеристики и области применения:*

P18 - удовлетворительная прочность и шлифуемость, широкий интервал оптимальных закалочных температур; предназначена для изготовления всех видов режущего инструмента, используемого при обработке конструкционных материалов;

P12 - близка по свойствам к стали марки P18, но имеет более высокую износостойкость и повышенную пластичность при горячем деформировании, шлифуемость удовлетворительная; назначение - такое же, как и стали марки P18;

P9 - повышенная износостойкость и пластичность при температурах горячей деформации, более узкий интервал оптимальных закалочных температур, шлифуемость ниже, чем у стали марки P18; применяется для изготовления инструмента простой формы, но требующего сложной шлифовальной обработки; таким инструментом обрабатывают обычные конструкционные материалы;

P6M3 - повышенная прочность, склонность к обезуглероживанию, повышенная пластичность при горячем деформировании, узкий интервал оптимальных закалочных температур, шлифуемость ниже, чем у стали марки P9; из этой стали изготавливают инструмент небольшого сечения, а также инструмент, работающий с ударными нагрузками при обработке обычных конструкционных материалов;

P6M5 - повышенная прочность, значительная склонность к обезуглероживанию, более узкий интервал оптимальных закалочных температур, чем у стали марки P18, шлифуемость удовлетворительная; назначение такое же, как и стали марки P18, однако сталь P6M5 предпочтительнее использовать для изготовления резьбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками;

P18Ф2 - повышенная износостойкость, более низкая, чем у стали P18 шлифуемость; из этой стали изготавливают инструмент

для обработки материалов повышенной твердости и вязкости;

P14Ф4, P9Ф5 - повышенная износостойкость, низкая шлифуемость; предназначены для изготовления инструмента, работающего со снятием небольшой стружки (чистовая обработка) при обработке материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях нормального нагрева режущей кромки;

P18K5Ф2, P9M4K8, P6M5K5 - повышенная вторичная твердость (при отпуске в интервале температур от 550 до 560° С), износостойкость пониженная, но лучшая, чем у стали марки P14Ф4, шлифуемость; изготавливаемый из этих сталей инструмент применяется для обработки высокопрочных, нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки;

P10K5Ф5 - повышенная вторичная твердость, высокая износостойкость, шлифуемость низкая; инструмент из этой стали предназначен для обработки высокопрочных, нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов, а также материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного нагрева режущей кромки;

P9K5 - повышенная вторичная твердость, но пониженная, близкая к стали марки P9, шлифуемость; инструмент из стали марки P9K5 используется для обработки сталей и сплавов повышенной твердости и вязкости, а также для работы с ударными нагрузками;

P9KЮ - повышенная вторичная твердость, шлифуемость, как у стали марки P9K5; из этой стали изготавливают режущий инструмент для обработки нержавеющих и жаропрочных сталей, а также сталей с повышенной твердостью и вязкостью.

**Стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием.** Обработка металлов резанием - одна из наиболее трудоемких и дорогостоящих операций. На эту операцию приходится 40% заводской себестоимости производства машин. С появлением автоматизированных металлорежущих станков возникла проблема стружкоудаления. Дробление стружки, ее транспортировка оказывают весьма существенное влияние на производительность труда. В связи с этим созданы специальные автоматные стали, способные образовывать ломкую легкоудаляемую стружку. Это стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием. В процессе их обработки получается чистая поверхность, снижается износ металлорежущего инструмента. Высокая обрабатываемость

таких сталей достигается за счет увеличения содержания серы и фосфора (до 0,35%), а также введения свинца (до 0,35%). ГОСТ 1414-75 предусматривает марки автоматных сталей, которые объединены в шесть групп: 1-я - углеродистые сернистые А11, А12, А20, А30 и А40Г; 2-я - углеродистая свинецсодержащая АС40; 3-я - углеродистые сернистоселенистые А35Е и А45Е; 4-я - хромистая сернистоселенистая А40ХЕ; 5-я - сернистомарганцовистые свинецсодержащие АС14, АС35Г2 и АС45Г2; 6-я - легированные свинецсодержащие АС12ХН, АС14ХГН, АС19ХГН, АС20ХГНМ, АС30ХМ, АС38ХГМ, АС40ХГНМ.

Буквы в марках сталей обозначают: А - автоматная сернистая, АС - автоматная свинецсодержащая. В остальном обозначения соответствуют принятым ГОСТ 4543-71.

Автоматные стали применяются в крупносерийном и массовом производствах. Из них изготовляют детали неотвественного назначения для автомобильной и тракторной промышленности (крепезж, оси, втулки и др.).

**Рессорно-пружинные стали** (ГОСТ 14959-79) используют для изготовления пружин, рессор, пружинных шайб, гибких мембран, сильфонов и других аналогичных деталей, которые должны обладать высоким пределом упругости, усталостной стойкостью к многократным нагружениям, достаточными пластическими свойствами. Эти стали выпускаются в виде проволоки и полос различного сечения. В зависимости от основного легирующего элемента их подразделяют на углеродистые - 65, 70, 75, 85; марганцовые - 60Г 65Г, 70Г, 55ГС; кремнистые - 50С2, 55С2, 55С2А, 60С2 60С2А, 70С3А; хромомарганцовые - 50ХГ, 50ХГА 55ХГР; хромованадиевую - 50ХФА; хромомарганцовованадиевую - 50ХГФА; хромокремневанадиевую - 60С2ХФА; хромокремнистые - 60С2ХА, 50ХСА; вольфрамокремнистую - 65С2ВА; никелькремнистую - 60С2Н2А; кремнемарганцовую - 60СГА и хромокремнистую - 70С2ХА.

**Стали для изготовления шариковых и роликовых подшипников.** Шариковые и роликовые подшипники изготовляют из высококачественных сталей (ГОСТ 801-78), способных противостоять сложным сосредоточенным и переменным напряжениям, возникающим в зоне контакта шариков или роликов с поверхностью беговых дорожек колец подшипников качения. Стандарт предусматривает четыре марки сталей ШХБ, ШХ9, ШХ15 и ШХ15СГ.

Кроме подшипников из высококачественных сталей мож-

но выполнять детали, от которых требуется высокая износостойкость при сосредоточенных переменных нагрузках (детали насосов высокого давления, копиры, ролики, пальцы, храповые механизмы).

***Стали и сплавы легированные с особыми свойствами***

Коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы:

20X13, 08X13, 12X13, 25X13H2 – изготовление деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам (клапанов гидравлических прессов предметов домашнего обихода), деталей, работающих в слабоагрессивных средах (при атмосферных осадках в водных растворах солей, органических кислот);

30X13, 40X13 – производство режущего, мерительного и хирургического инструмента, пружин, карбюраторных игл, клапанов пластин компрессоров, предметов домашнего обихода;

14X17H12 - применяется в основном в химической и авиационной промышленности; обладает достаточно удовлетворительными технологическими свойствами; наибольшая коррозионная стойкость обеспечивается после закалки с высоким отпуском;

95X18 - производство шарикоподшипников высокой твердости для нефтяного оборудования, ножей высшего класса, различных втулок и деталей, испытывающих сильный износ; подвергается закалке с низким отпуском;

12X17 - изготовление предметов домашнего обихода, кухонной утвари, оборудования для предприятий пищевой и легкой промышленности; не рекомендуют для производства сварных конструкций; применяется в отожженном состоянии.

**3.6. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ.  
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, МАРКИ  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

Ценные свойства цветных металлов обусловили их широкое применение в различных машинах современного производства. Медь, алюминий, цинк, магний, титан и другие металлы и их сплавы являются незаменимыми материалами для приборостроительной и электротехнической промышленности, самолетостроения и радиоэлектроники, ядерной и космической отраслей техники.

### **3.6.1. Медь и ее сплавы**

В настоящее время медь широко используется в электромашиностроении, при строительстве линий электропередач, для изготовления оборудования телеграфной и телефонной связи, радио- и телевизионной аппаратуры. Из меди изготавливают провода, кабели, шины и другие токопроводящие изделия. Большое количество меди идет на производство бронзы, латуни и других медных, а также алюминиевых и железных сплавов.

Обладая замечательными свойствами, медь в то же время как конструкционный материал не удовлетворяет требованиям машиностроения, поэтому ее легируют, т.е. вводят в ее состав такие металлы, как цинк, олово, алюминий, никель и др., за счет чего улучшаются ее механические и технологические свойства.

По химическому составу медные сплавы подразделяют на латуни, бронзы и медноникелевые, по технологическому назначению - на деформируемые, используемые для производства полуфабрикатов (проволоки, листа, полос, профиля), и литейные, применяемые для литья деталей.

### **3.6.2. Латунь**

Латунь - сплав меди с цинком и другими компонентами. Латунни, содержащие кроме цинка другие легирующие элементы, называются сложными, или специальными, и именуются по вводимым, кроме цинка, легирующим компонентам. Например: железомарганцовая (ЛЖМц59-1-1), алюминиево-никелькремнистомарганцовая (ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5) и др.

В обозначении марок латуней принята буквенно-цифровая система. Первая буква означает "латунь", остальные буквы соответствуют условным обозначениям химических элементов, входящих в латунь; первая цифра указывает на содержание меди, остальные цифры - на содержание других легирующих элементов. Содержание цинка в обозначении марки не указывается. Для того чтобы определить содержание цинка в латуни, необходимо от 100% вычесть процентное содержание меди и других химических элементов, входящих в данную латунь. Например: томпак Л90 - это латунь, содержащая 90% меди, остальное - цинк; латунь алюминиевая ЛА77-2 - 77% меди, 2% алюминия, остальное - цинк; латунь алюминиево-никелькремнистомарган-

цовая ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 – 75% меди, 2% алюминия, 2,5% никеля, 0,5% кремния, 0,5% марганца, остальное – цинк.

Детали получают литьем, давлением и резанием. Латунни, обрабатываемые давлением, нормируются ГОСТ 15527-2004. Из них изготавливают полуфабрикаты (листы, ленты, полосы, трубы конденсаторов и теплообменников, проволоку, прутки, фольгу, поковки, штамповки), медали и значки, художественные изделия, музыкальные инструменты, сильфоны, гибкие шланги, застежки-молнии, подшипники скольжения и разную фурнитуру.

### **3.6.3. Бронза**

Бронза - сплав на основе меди, в котором в качестве добавок используются олово, алюминий, бериллий, кремний, свинец, хром и другие элементы. Как и латуни, бронзы подразделяются на литейные и деформируемые. В обозначении марок бронз принята та же система, что и у латуней, только в начале проставляются буквы Бр, означающие - "бронза".

Основные составы сплавов бронз, применяемых в качестве исходного материала для изготовления деталей:

#### *Безоловянные литейные бронзы*

БрА9Мц2Л, БрА10Мц2Л – антифрикционные детали и арматура, работающая в пресной воде, жидком топливе и паре при температурах до 250° С; и др.

#### *Оловянные литейные бронзы*

БрО3Ц12С5 – арматура общего назначения;

БрО3Ц7С5Н1 – детали, работающие в масле, паре и в пресной воде;

БрО4Ц7С5 – арматура и антифрикционные детали и др.

#### *Алюминиевые бронзы*

БрА5 – деформируется в холодном и горячем состояниях, коррозионностойкая, жаропрочная, стойкая к истиранию; предназначена для изготовления монет, деталей машин, работающих в морской воде и в химических средах;

БрА7 – деформируется в холодном состоянии, жаропрочная, стойкая к истиранию, коррозионностойкая к серной и уксусной кислотам; применяется для изготовления деталей химического машиностроения и скользящих контактов;

БрАЖМц10-3-1,5, БрАЖН10-4-4, БрАЖНМц9-4-4-1 – деформируются в горячем состоянии, обладают высокой прочностью при повышенных температурах, хорошей эрозионной, кавита-

ционной и коррозионной стойкостью; из этих бронз производят трубные доски конденсаторов и детали химической аппаратуры;

БрАМц9-2 – характеризуется высоким сопротивлением при знакопеременной нагрузке; рекомендуется для изготовления износостойких деталей, винтов, валов, деталей гидравлических установок и трубных досок конденсаторов;

БрАМц10-2 – имеет высокое сопротивление при знакопеременной нагрузке; пригодна для выполнения заготовок и фасонного литья в судостроении;

БрАЖ9-4 – обладает высокими механическими и антифрикционными свойствами, коррозионностойкая; рекомендуется для производства шестерен, втулок и седел клапанов для авиационной промышленности, отливки массивных деталей для машиностроения.

#### *Бериллиевые бронзы*

БрБ2, БрБНТ1,7, БрБНТ1,9, БрБНТ1,9Мг – обладают высокой прочностью и износостойкостью, хорошими пружинящими и антифрикционными свойствами, средней электропроводностью и теплопроводностью, деформируются в закаленном состоянии. Из этих бронз изготавливают пружины и пружинящие детали ответственного назначения, износостойкие детали всех видов, неискрящий инструмент.

#### *Кремниевые бронзы*

БрКМц3-1 – коррозионностойкая, жаропрочная, имеет высокое сопротивление сжатию, пригодна для сварки; применяется для изготовления деталей для химических аппаратов, пружин и пружинящих деталей, сварных конструкций и деталей для судостроения;

БрКШ-3 – обладает высокими механическими, технологическими и антифрикционными свойствами, коррозионностойкая; предназначена для производства ответственных деталей в моторостроении, а также направляющих втулок.

#### *Марганцовая бронза*

БрМц6 – имеет высокие механические свойства, хорошо деформируется в горячем и холодном состояниях, коррозионностойкая, жаропрочная. Из этой бронзы изготавливают детали, работающие при повышенных температурах.

#### *Кадмиевая и магниевая бронзы*

БрКд1 и БрМг0,3 – отличаются высокой электропроводностью и жаропрочностью. Их используют при производстве коллекторов электродвигателей и деталей машин контактной сварки.

*Серебряная бронза*

БрСр0,1 – предназначена для изготовления коммутаторов, коллекторных колец и обмотки роторов турбогенераторов.

*Хромовая бронза*

CuCr1 – предназначена для производства сварочных электродов, электродеталей и оборудования сварочных машин.

*Теллуровая бронза*

CuFeP – выполняют детали, обрабатываемые на автоматах, элементы телетехнических, радиотехнических, электротехнических и электронных устройств.

### **3.6.4. Алюминий и его сплавы**

Алюминий по распространенности в природе занимает третье место после кислорода и кремния и первое место среди металлов. По использованию в технике он занимает второе место после железа.

Алюминий представляет собой серебристо-белый пластичный металл. В воздушной среде он быстро покрывается окисной пленкой, которая надежно защищает его от коррозии. Алюминий химически стоек против азотной и органических кислот, но разрушается щелочами, а также соляной и серной кислотами. Важнейшее свойство алюминия – небольшая плотность – 2,7 г/см<sup>3</sup>, т.е. он в три раза легче железа. Температура плавления его 660°С, теплоемкость – 0,222 кал/г, теплопроводность при 20°С – 0,52 кал/(см·с·°С), удельное электрическое сопротивление при 0°С – 0,286 Ом/(мм<sup>2</sup>·м). Механические свойства алюминия невысоки: сопротивление на разрыв – 50–90 МПа (5–9 кгс/мм<sup>2</sup>), относительное удлинение – 25–45%, твердость – 13–28 НВ. Высокая пластичность (максимальная пластичность достигается отжигом при температурах 350–410°С) этого металла позволяет прокатывать его в очень тонкие листы (фольга имеет толщину до 0,005 мм). Алюминий хорошо сваривается, однако трудно обрабатывается резанием, имеет большую линейную усадку – 1,8%. Для повышения прочности в алюминий вводят кремний, марганец, медь и другие компоненты. Кристаллическая решетка алюминия – куб с центрированными гранями,  $a=0,404 \text{ Н} \cdot \text{м}$  (4,04 Å).

Алюминий и его сплавы необходимы для самолето- и машиностроения, строительства зданий, линий электропередач, подвижного состава железных дорог. В металлургии алюминий

служит для получения чистых и редких металлов, а также для раскисления стали. Из него изготавливают различные емкости и арматуру для химической промышленности. В пищевой промышленности применяется упаковочная фольга из алюминия и его сплавов (для обертки кондитерских и молочных изделий). Широкое применение получила алюминиевая посуда. Алюминий хорошо подвергается различным тонким покрытиям и окраске, поэтому его используют как декоративный материал.

Исходным материалом для получения алюминиевых сплавов является первичный алюминий. Марки первичного алюминия: особой чистоты - А999, высокой чистоты - А995, А99, А97, А95, технической чистоты - А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0.

Механические свойства сплавов зависят от их химического состава и способов получения. Химический состав основных компонентов, входящих в сплав, можно определить по марке. Например: сплав АК7М2п – 7% кремния, 2% меди, остальное – алюминий, АК21М2,5Н2,5 – 21% кремния, 2,5% меди, 2,5% никеля, остальное – алюминий.

Для изготовления фасонных отливок предусмотрено пять групп алюминиевых литейных сплавов:

на основе алюминий - кремний - АЛ2, АЛ4, АЛ4-1, АЛ9, АЛ9-1, АЛ34, АК9, АК7;

на основе алюминий - кремний - медь - АЛ3, АЛ5, АЛ5-1, АЛ6, АЛ32, АК5М2, АК5М7, АК7М2, АК4М4;

на основе алюминий - медь - АЛ7, АЛ19, АЛ33;

на основе алюминий - магний - АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ28;

на основе алюминий - прочие компоненты - АЛ1, АЛ11, АЛ21, АЛ24, АЛ25, АЛ30, АК21М2,5Н2,5, АК4М2Ц6.

Сплав алюминия с кремнием - силумин (в чушках), используемый для производства литейных и обрабатываемых давлением алюминиевых сплавов.

Силумин изготавливается четырех марок - СИЛ-00, СИЛ-0, СИЛ-1 и СИЛ-2. Увеличение номера в обозначении марки сплава указывает на рост примесей в нем.

На поверхность чушек силумина несмываемой и невыцветающей цветной краской наносится буква С, цвет которой соответствует определенной марке: синий – СИЛ-00, белый – СИЛ-0, красный – СИЛ-1, черный – СИЛ-2.

Алюминий и алюминиевые деформируемые сплавы, предназначенные для изготовления полуфабрикатов (листов, лент,

полос, плит, профилей, панелей, прутков, труб, проволоки, штамповок и поковок) методом горячей и холодной деформации, а также слитков и слябов.

Алюминиевые антифрикционные сплавы, применяемые для изготовления монометаллических и биметаллических подшипников методом литья, а также монометаллических и биметаллических лент и полос путем прокатки с последующей штамповкой из них вкладышей, нормируются ГОСТ 14113-78. В зависимости от химического состава стандартом предусмотрены следующие марки этих сплавов с указанием назначения каждого сплава:

АОЗ-7, АО9-2 – отливки монометаллических вкладышей и втулок;

АО6-1, АО9-1, АО20-1 – биметаллические ленты и вкладыши; толщина антифрикционного слоя - 1 мм;

АН2-5 – отливки вкладышей, монометаллические и биметаллические ленты; толщина антифрикционного слоя - менее 0,5 мм;

АСМ, АМСТ – биметаллические ленты и вкладыши; толщина антифрикционного слоя - менее 0,5 мм.

### **3.6.5. Цинк и его сплавы**

Сплав цинка с медью - латунь. Цинк - металл светло-серо-голубоватого цвета, хрупкий при комнатной температуре и при 200° С, при нагревании до 100–150° С становится пластичным.

В промышленности широко применяются цинковые сплавы: латуни, цинковые бронзы, сплавы для покрытия стальных изделий, изготовления гальванических элементов, типографские и др.

Цинковые сплавы используются в автомобиле- и приборостроении и других отраслях промышленности. Марки этих сплавов:

ЦАМ4-10 - особо ответственные детали;

ЦАМ4-1 - ответственные детали;

ЦАМ4-1в - неответственные детали;

ЦА4о - ответственные детали с устойчивыми размерами;

ЦА4 - неответственные детали с устойчивыми размерами.

Цинковые антифрикционные сплавы, предназначенные для производства монометаллических и биметаллических изделий. Марки этих сплавов:

ЦАМ9-1,5Л - отливка монометаллических вкладышей, втулок и ползунов; допустимые нагрузка - 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>),

скорость скольжения - 8 м/с, температура 80 °С; если биметаллические детали получают методом литья при наличии металлического каркаса, то нагрузка, скорость скольжения и температура могут быть увеличены до 20 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>), 10 м/с и 100°С соответственно;

ЦАМ9-1,5 - получение биметаллической ленты (сплав цинка со сталью и дюралюминием) методом прокатки, лента предназначена для изготовления вкладышей путем штамповки; допустимые нагрузка - до МПа (250 кгс/см<sup>2</sup>), скорость скольжения - до 15 м/с, температура 100°С;

ЦАМ10-5Л - отливка подшипников и втулок; допустимая нагрузка – 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>), скорость скольжения - 8 м/с, температура 80°С;

ЦАМ10-5 – прокатка полос для направляющих скольжения металлорежущих станков и других изделий; рабочие нагрузка - до 20 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>), скорость скольжения - до 8 м/с, температура 80°С.

### 3.6.6. Титан и его сплавы

Титан - металл серебристо-белого цвета, один из наиболее распространенных в природе элементов. Среди других элементов по распространенности в земной коре (0,61%) он занимает десятое место. Титан легкий (плотность его 4,5 г/см<sup>3</sup>), тугоплавок (температура плавления 1665°С), весьма прочен и пластичен. На поверхности его образуется стойкая окисная пленка, за счет которой он хорошо сопротивляется коррозии в пресной и морской воде, а также в некоторых кислотах. Титан устойчив против кавитационной коррозии и под напряжением. При температурах до 882°С он имеет гексагональную плотно упакованную решетку, при более высоких температурах - объемно-центрированный куб. Механические свойства листового титана зависят от химического состава и способа термической обработки. Предел прочности его – 300–1200 МПа (30–120 кгс/мм<sup>2</sup>), относительное удлинение – 4–30%. Предел прочности титановых сплавов – 350–1000 МПа (35–100 кгс/мм<sup>2</sup>), относительное удлинение – 4–10%.

Благодаря своим замечательным свойствам титан и его сплавы нашли широкое применение в самолето-, ракето- и судостроении. Из титана и его сплавов изготавливают полуфабрикаты: листы, трубы, прутки и проволоку. Двухокись

Т а б л и ц а 3.4

**Области применения оловянно-свинцовых припоев**

Марка	Применение
ПОС 90	Лужение и пайка швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС 61	Лужение и пайка электроаппаратуры, точных приборов с высокогерметичными швами, где не допускается перегрев
ПОС 40	Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами
ПОС 10	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле
ПОС 61М	Лужение и пайка медной проволоки, печатных проводников в кабельной промышленности, электро- и радиоэлектронной промышленности
ПОСК 50-18	Пайка деталей, чувствительных к перегреву
ПОССу 61-0,5	Лужение и пайка электроаппаратуры, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к перегреву
ПОССу 50-0,5	Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением оловом
ПОССу 40-0,5	Лужение и пайка жести, обмоток электрических машин, пайка радиаторных трубок, холодильных агрегатов, оцинкованных деталей
ПОССу 35-0,5	Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек, электротехнических изделий неответственного назначения
ПОССу 30-0,5	Лужение и пайка листового цинка, радиаторов. Лужение и пайка радиаторов
ПОССу 25-0,5	Лужение и пайка трубок теплообменников, электрических ламп
ПОССу 18-0,5	Пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах
ПОССу 95-5	Лужение и пайка холодильных установок, тонколистовой упаковки. Припой широкого назначения
ПОССу 40-2	Лужение и пайка в холодильном и электроламповом производстве, абразивная пайка
ПОССу 30-2, ПОССу 18-2, ПОССу 15-2, ПОССу 10-2	Пайка в автомобилестроении
ПОССу 8-3	Лужение и пайка в электроламповом производстве
ПОССу 5-1	Лужение и пайка деталей, работающих при повышенной температуре
ПОССу 4-6	Пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди, шпатлевка кузовов автомобилей

титана применяется при производстве белил и эмалей.

Для изготовления полуфабрикатов предназначены титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением. В зависимости от химического состава предусмотрены следующие марки: ВТ1-00, ВТ1-0, ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ3-1, ВТ9, ВТ14, ВТ16, ВТ20, ВТ22, ПТ-7М, ПТ-ЭВ, ПТ-1М. Железо, кремний и цирконий в зависимости от марки сплава могут быть основными компонентами или примесями.

### 3.6.7. Припои

Припои - металл или сплав, предназначенный для соединения деталей пайкой. Температура плавления припоев должна быть ниже температуры плавления материалов паяемых деталей.

Припои разделяют на мягкие ( $t_{пл} \leq 400$  °С) и твердые ( $t_{пл} > 400$  °С). Основные материалы мягких припоев - сплавы олова и свинца. Их обозначение (например, ПОС 61) расшифровывается так: П - припой, ОС - оловянно-свинцовый, 61 - содержание олова в процентах. Твердые припои выполняют на серебряной основе (например, ПСр 72, где 72 - содержание серебра, %) или на медно-латунной и медно-никелевой основах. Серебряные припои применяют для пайки черных и цветных металлов, кроме сплавов алюминия и магния, а припои на медной основе - для пайки углеродистых и легированных сталей, никеля и его сплавов.

## ГЛАВА 4

# ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИН

### 4.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС. ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

**Производственным процессом** называется совокупность всех действий, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовую продукцию (изделия). Производственный процесс включает в себя подготовку станков и организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение материалов и полуфабрикатов, изготовление деталей, сборку изделий, технический контроль в процессе изготовления и испытания готовых изделий, консервацию и сдачу на склад готовой продукции.

В зависимости от масштаба различают единичное, серийное и массовое производство. В условиях единичного производства на каждом станке обрабатывают штучные детали, отличающиеся большим разнообразием форм, размеров, массы, материалов и т.д. В единичном производстве применяют универсальные станки, универсальные приспособления и инструмент; квалификация рабочих в таком производстве наиболее высокая по сравнению с квалификацией рабочих в серийном и массовом производстве.

Производственный процесс состоит из основных (изготовление и сборка изделий) и вспомогательных (изготовление и заточка инструмента, изготовление оснастки и приспособлений, ремонт станков, внутризаводское хранение и транспортирование и т.д.) процессов.

**Технологический процесс** - это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. В результате выполнения технологических процессов изменяются физико-химические свойства материалов, геометрическая форма, размеры и относительное положение элементов деталей, качество поверхности, внешний вид объекта производства и т.д. Технологический процесс непосредственно связан с обработкой деталей. Последовательность и способы обработки заготовок (деталей), содержащиеся в технологическом процессе, зависят от производственной программы, размеры которой определяют масштаб производства.

При производстве машин и деталей применяются различные составные части технологических процессов: формование; литье; кузнечно-прессовая обработка; обработка резанием; гальванопластика; термическая, электрофизическая, электрохимическая, нанесение покрытий; слесарная подготовка, обработка и изготовление; сварка; пайка; склеивание; сборка; узловая сборка; общая сборка; контроль качества продукции; ремонт.

Технологический процесс выполняют на рабочих местах.

**Рабочее место** - часть цеха, где размещено соответствующее технологическое оборудование и оснастка, средства измерения, стеллажи и пространство для перемещения, наблюдения за рабочей зоной и отдыха рабочего. Рабочее место может быть постоянное и временное.

Технологический процесс состоит из операций технологических и вспомогательных, например, технологический процесс обработки валика состоит из токарных, фрезерных, шлифовальных и других операций.

**Технологическая операция** - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми (собираемыми) объектами производства. В обычном производстве операцию выполняют на отдельном станке или сборочном оборудовании, в автоматизированном производстве на автоматической линии, которая представляет собой комплекс технологического оборудования. В зависимости от сложности технологического процесса число операций изменяется от одной до нескольких десятков и более. Операция является основным элементом производственного планирования и уче-

та. Трудоемкость технологического процесса, число рабочих, обеспечение оборудованием и инструментом определяют по числу операций. К вспомогательным операциям относятся контроль деталей, их транспортирование, маркировка и другие работы. Технологические операции делят на технологические и вспомогательные переходы, а также на рабочие и вспомогательные ходы.

Описание операций технологического процесса изготовления или ремонта изделия в их технологической последовательности с соблюдением правил записи этих операций и их кодирования приводят в *маршрутной карте*. Например, операции обработки резанием разбиты на группы, которым присвоены определенные номера: 06 - отделочная (хонинговальные, доводочные, полировальные, суперфинишные станки); 08 - программная (станки с программным управлением); 12 - сверлильная; 14 - токарная; 16 - шлифовальная.

*Технологический переход* - законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке. При обработке резанием технологический переход представляет собой процесс получения каждой новой поверхности или сочетания поверхностей режущим инструментом. Обработку осуществляют в один или несколько переходов (сверление отверстия - обработка в один переход, получение отверстия тремя последовательно работающими инструментами: сверлом, зенкером, разверткой-обработкой в три перехода). При записи содержания операций в маршрутной карте используют установленные ключевые слова технологических переходов и их условные коды, например: 05 - довести; 08 - заточить; 18 - полировать; 19 - притирать; 29 - суперфинишировать; 30 - точить; 31 - хонинговать; 33 - шлифовать; 36 - фрезеровать; 81 - закрепить; 82 - настроить; 83 - переустановить; 90 - снять; 91 - установить.

*Вспомогательный переход* - законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и качества поверхностей, но необходимы для выполнения технологического перехода. Например, установка обрабатываемой заготовки, ее закрепление, смена режущего инструмента.

Переходы могут быть совмещены во времени за счет одно-

временной обработки нескольких поверхностей детали несколькими режущими инструментами, например торца и отверстия. Их можно выполнять последовательно, параллельно (например, одновременная обработка нескольких поверхностей на агрегатных или многорезцовых станках) и параллельно-последовательно. Вспомогательные переходы записывают с использованием ключевых слов (выверить, закрепить, настроить, переустановить, переместить, проверить, смазать, снять, установить), обозначенных прописными буквами русского алфавита.

*Рабочий ход* - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

*Вспомогательный ход* также представляет собой законченную часть технологического перехода, состоящую из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого перенесением ее изменениями, но необходимого для выполнения рабочего хода. При обработке резанием в результате каждого рабочего хода с поверхности или сочетания поверхностей заготовки снимается один слой материала.

Для осуществления обработки заготовки устанавливают и закрепляют с требуемой точностью в приспособлении или на столе станка, при сборке - на сборочном стенде или другом оборудовании.

*Установом* называют часть технологической операции, выполняемую при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы. Операция может выполняться за один или несколько установов. Например, для токарной обработки вала или втулки, как правило, необходимы два установа.

Положение объекта производства относительно оборудования или инструмента изменяют поворотными и другими устройствами. В этом случае он занимает несколько различных позиций.

*Позицией* называют фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции (одного или нескольких переходов).

В зависимости от потребностей изделия изготавливают в раз-

личных количествах. Организацию производства и характер технологического процесса изменяют в соответствии с количеством выпускаемых изделий и их трудоемкостью. Производства по типу условно делят на единичное, серийное и массовое. Отнесение завода или цеха к тому или иному типу производства является условным потому, что на одном заводе или в цехе могут существовать различные типы производства, поэтому обычно исходят из преобладающего.

*Изделие* - любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

*Деталь* - изделие, выполненное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

*Сборочная единица, узел* - изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе на сборочных операциях.

*Заготовка* - предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу (заготовку перед первой технологической операцией называют *исходной*). Материал исходной заготовки называют *основным*, а расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному - *вспомогательным*.

*Сборочный комплект* - группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки изделия или его сборочной единицы.

*Полуфабрикат* - изделие, не прошедшее завершающую стадию обработки или сборки.

*Качество продукции* - совокупность свойств изделия (продукции), обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением.

## **4.2. ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Припуском на обработку называют слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в процессе обработки резанием (снятием стружки).

*Промежуточным припуском* ( $z_b$ ) называют слой материала, необходимый для выполнения технологического перехода; промежуточный припуск определяется разностью размеров, получаемых на смежных предшествующем ( $a$ ) и выполняемом

(b) переходах технологического процесса обработки данной элементарной поверхности. *Межоперационный припуск* - слой материала, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Для внешних поверхностей детали  $z_o = a - b$ ;  
для внутренних поверхностей детали  $z_o = b - a$ .

**Общим припуском** ( $z_o$ ) называют слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов, т.е. всего процесса обработки данной поверхности от черной заготовки до готовой детали. Общий припуск  $z_o$  определяется разностью размеров черной заготовки ( $a_3$ ) и готовой детали ( $a_d$ ).

Для внешних поверхностей  $z_o = a_3 - a_d$ ;  
для внутренних поверхностей  $z_o = a_d - a_3$ .

Общий припуск на обработку равен сумме промежуточных припусков по всем технологическим переходам процесса обработки от черной заготовки до готовой детали.

Различают симметричные и асимметричные припуски на обработку.

**Симметричные припуски** всегда имеют место при обработке внешних и внутренних поверхностей вращения, а в ряде случаев при параллельной обработке противоположащих поверхностей деталей машин.

**Асимметричные припуски** получают в тех случаях, когда противоположащие грани обрабатываются независимо одна от другой, причем обработка может быть произведена различными методами и при различном числе переходов и проходов.

Одностороннее расположение припуска представляет собой частный случай асимметричных припусков, когда противоположащая грань не обрабатывается.

Станок, обрабатываемая заготовка и рабочий инструмент представляют собой упругую систему в процессе обработки заготовки. В результате этой упругой системы в условиях обработки на предварительно настроенных станках имеются два следствия.

1. При каждом выполняемом переходе механической обработки от черной заготовки до готовой детали погрешности размеров и геометрических форм копируются, но убывают по своим значениям с каждым выполняемым переходом и могут быть доведены при соответствующем построении технологического процесса до сколь угодно малых величин. На последнем пере-

ходе технологического процесса обработки эти погрешности должны находиться в пределах, допускаемых техническими требованиями, предъявляемыми к обрабатываемой детали.

2. Действительный размер при выполняемом переходе взаимосвязан с действительным размером, полученным на смежном предшествующем переходе и менее его (для внешних поверхностей) или более его (для внутренних поверхностей) на величину действительного припуска на обработку.

Погрешность установки обрабатываемой детали, образование так называемого нароста на режущем лезвии инструмента, изменение переднего и заднего углов в процессе резания, колебания в механических свойствах обрабатываемого металла и другие явления, имеющие место при выполняемом переходе, могут дать некоторые отклонения от вполне идентичного копирования заготовки.

При каждом выполняемом переходе должны быть ликвидированы погрешности, возникшие на предшествующем переходе, чтобы получающиеся погрешности при выполняемом переходе не суммировались с предшествующими погрешностями.

Погрешности геометрических форм - эллиптичность, гранность, конусность, выпуклость, вогнутость и т.п. - должны охватываться допуском на размер обрабатываемой элементарной поверхности детали, который учитывается при установлении припусков на обработку. Пространственные отклонения - кривизна детали, смещение и увод осей, непараллельность осей, перпендикулярность осей и поверхностей и тому подобные отклонения во взаимном положении элементов детали - не связаны с допуском на размер и должны учитываться отдельно при определении припусков на обработку.

Как показывает опыт, при механической черновой обработке первоначально снимают с максимальной глубиной резания большую часть припуска, которая включает все погрешности заготовки. Затем при полустойковой обработке глубина резания составляет 1–4 мм, а при чистовой обработке - 0,1–1 мм (в зависимости от требуемой точности и качества обработки). Припуск под шлифование заготовки составляет 0,3–0,5 мм.

### **4.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

В зависимости от типа производства для его организации имеются документы, необходимые для описания технологи-

ческих процессов. В зависимости от степени детализации технологические процессы по содержанию разделяются на маршрутный, операционный и маршрутно-операционный.

Технологическую документацию применяют для оформления (описания) технологических процессов. Технологическая документация, в которой содержание технологических операций излагается без указания переходов и режимов обработки, называется **маршрутной картой**, а технологический процесс, выполняемый по этой документации – **маршрутным технологическим процессом**. Маршрутная карта является в условиях единичного и опытного производства основным технологическим документом, с помощью которого технологический процесс доводится до рабочего места. В маршрутной карте в соответствии с установленными формами приводятся данные об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых затратах.

Технологическая документация, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки и составляемая совместно с картами эскизов, называется **операционной картой**, а технологический процесс, выполняемый по этой документации – **операционным технологическим процессом**. В серийном и массовом производстве для оформления технологических процессов составляют комплекты из операционных карт, карт эскизов, различных ведомостей.

Маршрутную и операционную карты составляют на основе исходных данных: чертежей, производственной программы, спецификации, описания конструкций, технических условий и следующих руководящих и нормативных материалов: паспортов металлорежущих станков; каталогов или альбомов станков, режущих и вспомогательных инструментов; альбомов нормальных приспособлений; руководящих материалов по режимам резания; нормативам подготовительно-заключительного и вспомогательного времени.

Маршрутная карта имеет определенную форму. В верхнюю часть карты заносят соответствующие данные об изготавливаемой детали и заготовки. В нижнюю часть, которая разграфлена, заносят номер, наименование и содержание операций технологического процесса, а также необходимые для выполнения операций коды, наименования и данные станков, приспособлений, режущих и измерительных инструментов, указывают разряд работы, подготовительно-заключительное и штучное время.

Технологический процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками, называется *типовым технологическим процессом*.

Графический технологический документ, который по своему назначению и содержанию заменяет на данной операции рабочий чертеж детали, называют **операционным эскизом**. Главная проекция на операционном эскизе изображает заготовку в том виде, который она имеет со стороны рабочего места у станка после выполнения операции. Обрабатываемые поверхности заготовки на операционном эскизе показываются сплошной линией, толщина которой в 2–3 раза больше толщины основных линий на эскизе. На операционном эскизе указываются: числовые значения размеров, которые определяют обрабатываемые на данной операции поверхности и их положение относительно баз; предельные отклонения в виде чисел или условных обозначений полей допусков и посадок согласно стандартам; шероховатость обрабатываемых поверхностей, которая должна быть обеспечена данной операцией. Можно приводить также данные с указанием "размеры для справок".

Подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определенной технологической операции называется *наладкой*. Для выполнения переходов и операций технологического процесса, осуществляемого способом автоматического получения размеров детали, разрабатывают **схему наладок**, которая для данной операции содержит упрощенное изображение инструментов, державок, суппортов, головок и т.п., а также поверхностей заготовки для каждого перехода. Заготовка показывается в том виде, который она должна иметь после осуществления перехода, и с теми размерами с отклонениями, которые требуется при этом обеспечить.

В схемах наладок в отличие от эскизов показывают элементы конструкции установочных и зажимных элементов во взаимосвязи с пространственным положением обрабатываемой заготовки с инструментами; инструменты показывают в конечном положении обработки; направления движения заготовки показывают стрелками; в схемах револьверной операции указывают позиции револьверной головки с инструментами в них в конце обработки, приводятся таблицы с режима-

ми и другие надписи. На схемах наладок и карт эскизов указывают место закрепления инструментов, наименование и номер операции, модель станка.

К технологической документации относятся также правильно оформленные рабочие чертежи сборочных единиц и деталей, приспособлений, специального режущего, измерительного инструмента и т.д. Правильное выполнение всех указаний технологической документации имеет важное значение для выпуска качественных изделий.

#### 4.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ БАЗЫ

Поверхности деталей могут быть сведены к следующим видам: исполнительные поверхности, с помощью которых деталь выполняет свое служебное назначение; основные базы, с помощью которых определяется положение детали в изделии; вспомогательные базы, с помощью которых определяется положение присоединяемых деталей относительно данной; свободные поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей.

Число возможных перемещений твердого тела в пространстве равно шести: трем возможным перемещениям вдоль неподвижных координатных осей и трем возможным поворотам вокруг этих осей или параллельных им. Придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат называется **базированием**.

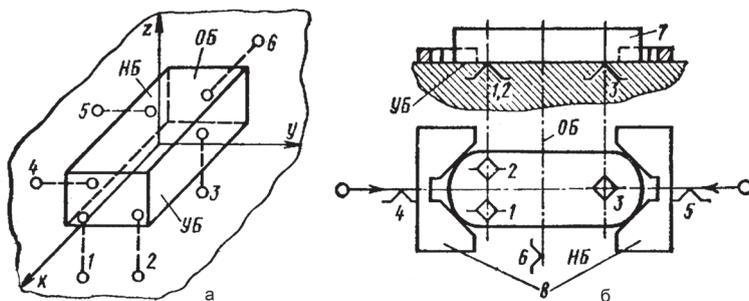
Процесс базирования заготовки или изделия называется *установкой*. Приложение сил и пар сил (моментов сил) к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании, называется *закреплением*.

Следовательно, для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в выбранной системе координат необходимо иметь шесть обозначаемых специальными знаками опорных точек, обеспечивающих шесть двусторонних геометрических связей. Три из шести опорных точек (рис. 4.1) определяют установочную плоскость (накладывают связь на одно поступательное перемещение вдоль оси Z и поворот вокруг осей X и Y), две определяют направляющую плоскость (накладывают связь на перемещение вдоль осей X и Y и поворот вокруг оси Z) и одна находится в опорной плоскости (накладывает связь на перемещение вдоль оси Y).

Поверхность (или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, осей, точек), принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования, называется **базой**. База, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы - перемещения вдоль координатной оси и поворота вокруг двух осей, называется *установочной*, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой, - *направляющей*, а лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы - перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг нее, - *опорной*. База, лишаящая заготовку или изделие четырех степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг них, называется *двойной направляющей*, а лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей, - *двойной опорной*. База заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок называется *явной*, а в виде воображаемой плоскости, оси или точки - *скрытой*. База, выбранная при проектировании изделия, технологического процесса его изготовления или ремонта, называется *проектной*, а фактически используемая в конструкции, при изготовлении или ремонте изделия - *действительной*.

По назначению различают несколько видов баз:

- конструкторскую, используемую для определения положения детали (или сборочной единицы) в изделии;
- вспомогательную - конструкторскую базу, принадлежа-



**Рис. 4.1. Схемы базирования (а) и установки (б) заготовки на шесть опорных точек:**

1-6 - двусторонние связи по опорным точкам, 7 - заготовка, 8 - губки тисков;  
УБ - установочная база, НБ - направляющая база, ОБ - опорная база

щую данной детали (или сборочной единице) и используемую для определения присоединяемого к ним изделия;

- технологическую, используемую для определения заготовки (или изделия) в процессе изготовления и ремонта;
- измерительную, используемую для определения относительного положения заготовки (или изделия) и средства измерения.

Точку, символизирующую одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат, называют *опорной точкой*, а схему расположения опорных точек на базах заготовки или изделия - *схемой базирования*.

Отклонение при базировании фактически достигнутого положения заготовки или изделия от требуемого называется *погрешностью базирования*. Отклонение при установке фактически достигнутого положения заготовки или изделия от требуемого называется *погрешностью установки*.

Для обеспечения контакта между поверхностями заготовки и опорными точками необходимо приложить зажимные усилия, которые рекомендуется располагать против опорных точек.

Условные графические обозначения технологических баз, опор и зажимных устройств позволяют на операционных эскизах технологических процессов изображать вид установки заготовки на каждой операции.

#### **4.5. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

Выбор средств измерений при проверке точности деталей - один из важнейших этапов разработки технологических процессов технического контроля.

Основные принципы выбора средств измерений заключаются в следующем: точность средства измерений должна быть достаточно высокой по сравнению с заданной точностью выполнения измеряемого размера, а трудоемкость измерений и их стоимость должны быть возможно более низкими, обеспечивающими наиболее высокие производительность труда и экономичность.

Недостаточная точность измерений приводит к тому, что часть годной продукции бракуют (ошибка первого рода); в то же время по той же причине другую часть фактически негодной продукции принимают как годную (ошибка второго рода).

Излишняя точность измерений, как правило, бывает связана с чрезмерным повышением трудоемкости и стоимости контроля качества продукции, а следовательно, ведет к удорожанию ее производства.

При выборе измерительных средств и методов контроля изделий учитывают допустимую погрешность измерительного прибора–инструмента; цену деления шкалы; порог чувствительности; пределы измерения, массу, габаритные размеры, рабочую нагрузку и др.

Определяющим фактором является допускаемая погрешность измерительного средства, что вытекает из стандартизованного определения действительного размера как и размера, получаемого в результате измерения с допустимой погрешностью.

Самый простой способ выбора средств измерений основан на том, что точность средства измерений должна быть в несколько раз выше точности изготовления измеряемой детали. При контроле точности технологических процессов измерением точности размеров деталей рекомендуется применять средства измерений с ценой деления не более  $1/6$  допуска на изготовление.

Значение допустимой погрешности измерения зависит от допуска, который связан с номинальным размером и с качеством точности размера контролируемого изделия. Расчетные

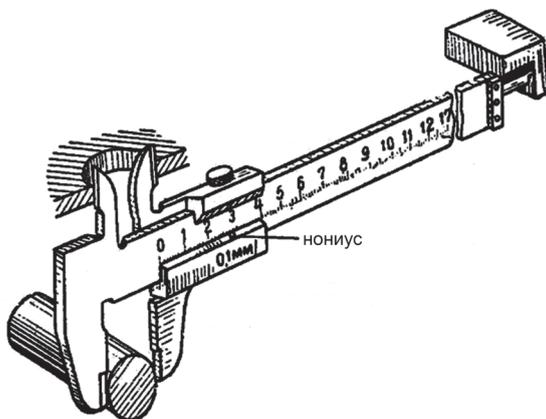


Рис. 4.2. Методы измерения размеров штангенциркулем

значения допустимой погрешности измерения в мкм приводятся в стандартных таблицах.

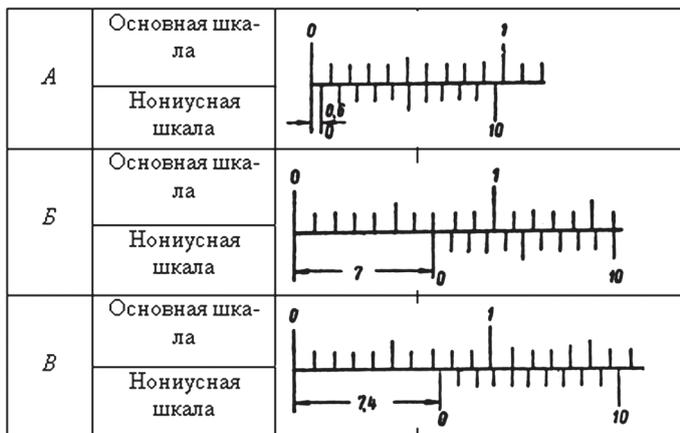
Рекомендуется, чтобы величины допустимых погрешностей измерения для квалитетов 2–9 составляли до 30%, для квалитета 10 и грубее - до 20% допуска на изготовление изделия.

#### 4.6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

К инструментам с линейным нониусом относятся штангенциркуль, штангенрейсмас и штанген-глубиномер. Основой штангенинструмента является линейка - штанга с нанесенными на ней делениями; это – основная шкала. По штанге движется рамка с вырезом, на наклонной грани которого нанесена нониусная (вспомогательная) шкала.

**Штангенциркуль** (рис. 4.2) предназначен для измерения линейных размеров (диаметров, глубины, ширины, толщины и т.п.). На длине 9 мм рамки (нониуса), соответствующей 9 делениям штанги, нанесено 10 равных делений. Таким образом, каждое деление нониуса равно 0,9 мм.

Если поставить рамку так, чтобы шестой штрих нониуса стал против шестого штриха штанги, то зазор между губками будет равен 0,6 мм (рис. 4.3, А).



**Рис. 4.3. Установка нониуса:**

А - на размер 0,6 мм; Б - на размер 7 мм; В - на размер 7,4 мм

Если нулевой штрих нониуса совпал с каким-либо штрихом на штанге, например с седьмым, то это деление и указывает действительный размер в миллиметрах, т.е. 7 мм (рис. 4.3, Б).

Если нулевой штрих нониуса не совпал ни с одним штрихом на штанге, то ближайший штрих на штанге слева от нулевого штриха нониуса показывает целое число миллиметров. Десятичные доли миллиметра равны порядковой цифре штриха нониуса вправо, не считая нулевого, который точно совпал со штрихом штанги - основной шкалы (например 7,4 мм на рис. 4.3, В).

Кроме нониусов с величиной отсчета 0,1 мм применяются нониусы с величиной отсчета 0,05 и 0,02 мм.

**Штангенрейсмасы** предназначаются для точной разметки и измерения высот от плоских поверхностей.

Штангенрейсмас (рис. 4.4, а) состоит из основания 8, в котором жестко закреплена штанга 1 со шкалой; рамки 2 с нониусом 6 и стопорным винтом 3; устройства для микрометрической подачи 4, включающего в себя движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек для разметки 7 с острием и для измерения высот 9 с двумя измерительными поверхностями, нижней плоской и верхней в виде острого ребра шириной не более 0,2 мм (рис. 4.4, б); зажима 5 для закрепления ножек 7 и 9 и державки 10 на выступе рамки (рис. 4.4, в) для игл различной длины.

Шкала и нониус такие же, как и у других штангенинструментов.

Измерение или разметка штангенрейсмасом производится на разметочной плите. Перед измерением проверяется нулевая установка инструмента. Для этого рамку с ножкой опускают до соприкосновения с плитой или специальной базовой поверхностью (в зависимости от вида ножки). При таком положении нулевое деление нониуса должно совпасть с нулевым делением шкалы штанги.

После выверки штангенрейсмаса можно приступать к измерениям. При измерении высоты детали опускают ручную рамку с ножкой, немного не доводя ее до детали. Дальнейшее перемещение ножки до соприкосновения с деталью осуществляется с помощью гайки микрометрической подачи. Степень прижима ножки к детали определяется на ощупь. В установленном положении рамку закрепляют.

При разметке размер устанавливается по шкалам нониуса и штанги заранее. Риска на детали прочерчивается острым

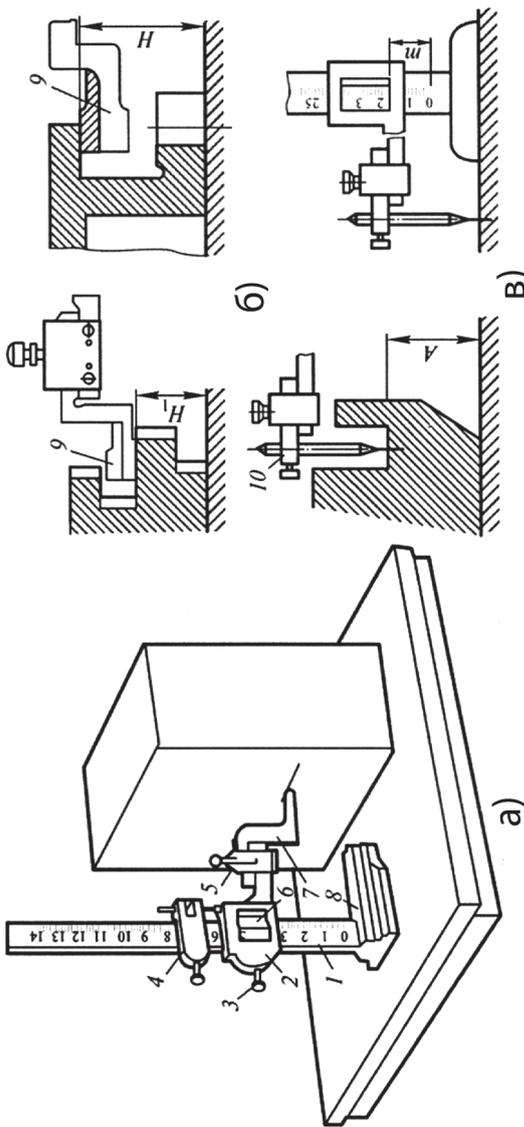


Рис 4.4. Штангенрейсмас

концом ножки при перемещении штангенрейсмаса по плите.

При измерении с помощью игл (рис. 4.4, в) необходимо от показания штангенрейсмаса  $M$  вычесть величину  $m$ , которая соответствует такому положению рамки 2, когда острие иглы находится в одной плоскости с плоскостью основания.

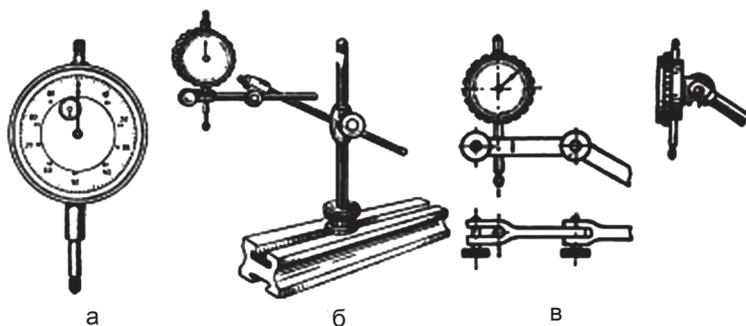
**Индикаторы часового типа.** Вследствие небольшого предела измерений инструменты этой группы предназначаются главным образом для относительных (сравнительных) измерений путем определения отклонений от заданного размера.

В сочетании со специальными приспособлениями эти приборы могут применяться и для непосредственных измерений. Они используются также и для контроля правильности геометрических форм деталей машин и их взаимного расположения.

Наибольшее распространение из приборов этой группы получили индикаторы часового типа (рис. 4.5, а) с ценой деления 0,01 мм; применяются также индикаторы с ценой деления 0,002 мм.

При перемещении измерительного стержня на 1 мм стрелка индикатора делает полный оборот. Индикаторы, пределы измерения которых более 3 мм, имеют счетчик оборотов стрелки.

**Практика измерений.** Индикаторы часового типа применяют при измерениях радиального и осевого биения, отклонений от прямолинейности, отклонений положения одной детали относительно другой, при проверке взаимного расположения поверхностей и пр.



**Рис. 4.5. Индикатор часового типа (а) и установка индикатора для измерения:**

б - на универсальном штативе; в - различные способы крепления индикаторной головки на штативе

При измерениях применяют универсальный штатив и другие приспособления.

Индикатор, установленный в универсальном штативе (рис. 4.5, б), может занимать самые различные положения по отношению к проверяемому изделию. Конструктивное оформление универсальных штативов может быть различным, но принципиальная схема их остается одной и той же. Варианты приведены на рис. 4.5, в.

При любом измерении индикатором (абсолютном или относительном) его нужно установить в некоторое начальное положение. Для этого измерительный наконечник приводят в соприкосновение с поверхностью установочной меры (или столика). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала 1–2 оборота. Таким образом стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения или установочной меры. Стрелка индикатора при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты следует вести от этого показания стрелки, как от начального. Чтобы облегчить отсчеты, начальное показание обычно приводят к нулю. Установка индикатора на нуль осуществляется поворотом циферблата за рифленный ободок.

При измерениях **индикаторным нутромером** его предварительно настраивают на измеряемый размер по микрометру,

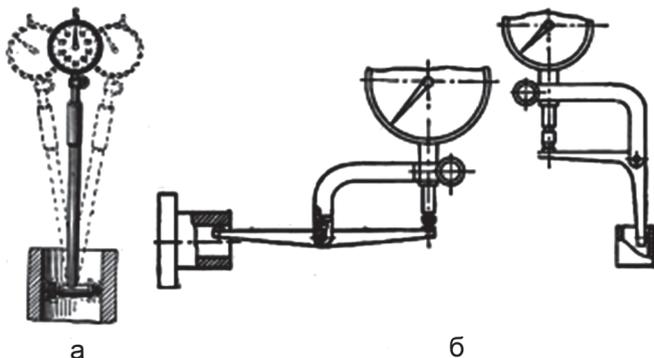


Рис. 4.6. Индикаторный нутромер (а) и рычажные приспособления к индикатору (б), применяемые для измерений в труднодоступных местах

блоку плоскопараллельных концевых мер или калиброванному кольцу и после этого устанавливают на нуль.

Настроенный нутромер осторожно вводят в измеряемое отверстие и небольшими покачиваниями (рис. 4.6, а) определяют отклонение стрелки от нулевого положения. Это и будет отклонение измеряемого размера от того, на который был настроен.

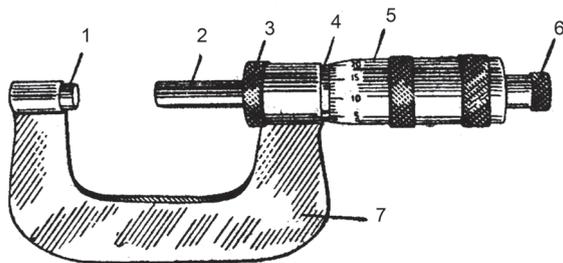
В тех случаях, когда измерительный стержень индикаторной головки не может коснуться измеряемой поверхности, прибегают к специальным рычажным приспособлениям, соединенным с корпусом индикатора. Устройство этих приспособлений ясно из рисунка (рис. 4.6, б).

**Микрометры** для наружных измерений (рис. 4.7), микрометрические нутромеры и микрометрические глубиномеры относятся к микрометрическим инструментам.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из втулки 1 (рис. 4.8, а) и барабанчика 2. На втулке по обе стороны продольной линии нанесены две шкалы с делениями через 1 мм так, что верхняя шкала сдвинута по отношению к нижней на 0,5 мм.

На скошенном конце барабанчика имеется круговая шкала с 50 делениями. При вращении барабанчик перемещается вдоль втулки и за один оборот проходит путь, равный 0,5 мм. Следовательно, цена деления шкалы барабанчика равна  $0,5:50=0,01$  мм.

При измерениях целое число миллиметров отсчитывают по нижней шкале, половины миллиметров - по верхней шкале втулки, а сотые доли миллиметра - по шкале барабанчика. Число сотых долей миллиметра отсчитывают по делению шкалы ба-



**Рис. 4.7. Микрометр для наружных измерений:**

- 1 - пятка; 2 - микрометрический винт; 3 - стопорная гайка; 4 - втулка;  
5 - барабан; 6 - трещотка; 7 - скоба

рабанчика, совпадающему с продольной риской на втулке.

Примеры отсчета по шкалам микрометра приведены на рис. 4.8.

Чтобы при измерении микрометром ограничить силу натяжения на измеряемую деталь и обеспечить постоянство этой силы, микрометр снабжается трещоткой.

Перед тем как прочесть показания микрометра, барабанчик закрепляют с помощью специального стопора.

Кроме обычных штангенциркулей и других инструментов с нониусной шкалой и шкалой часового типа применяют также и модели инструментов с электронными цифровыми индикаторами, которые выводят на экран в цифровом виде показания значений произведенного измерения.

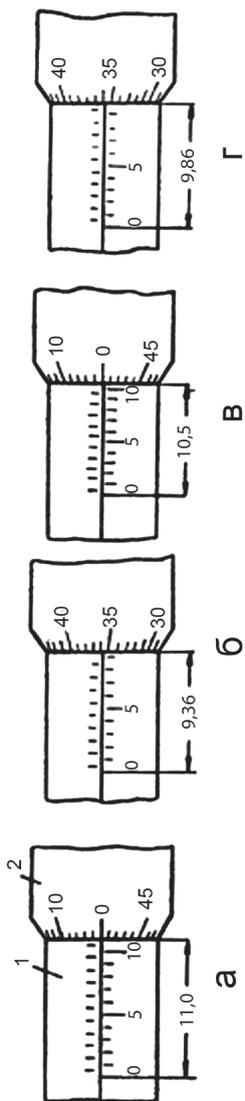
При эксплуатации измерительных приборов следует помнить, что измерительные поверхности у наконечников должны быть чистыми, а измеряемые поверхности деталей должны быть чистыми и их температура не должна отличаться от температуры измерительных приборов. Недопустимо измерять горячие детали точными измерительными приборами. В руках измерительные приборы долго держать нельзя, так как это влияет на точность измерений. Не допускается измерять подвижные детали, потому что это опасно, приводит к быстрому износу измерительных поверхностей инструмента и к потере точности результатов измерения.

При кратковременном и длительном хранении измерительный инструмент протирают мягкой ветошью с авиабензином и смазывают тонким слоем технического вазелина. Измеряющие поверхности наконечников отделяют друг от друга, а стопоры ослабляют. При длительном хранении инструменты обертывают промасленной бумагой.

Перед тем как приступить к измерениям рекомендуют проверить нуль показаний средств измерения. Для этого предварительно настраивают показания шкалы инструмента на измеряемый размер по мерным плиткам (плоскопараллельным концевым мерам) или по калиброванному кольцу или валику и таким образом определяют положение нуля при измерениях.

**Щупы** служат для определения величины зазоров с точностью 0,01 мм (рис. 4.9).

Щупы изготавливаются 1-го и 2-го классов точности с толщиной пластин от 0,03 до 1 мм и с интервалом 0,01 мм или больше, в зависимости от номера набора.



**Рис. 4.8. Методика отсчета размеров по шкале микрометрического инструмента:**  
а - 11,0 мм; б - 9,36 мм; в - 10,5 мм; г - 9,86 мм

**Поверочные плиты** (рис. 4.10) являются основными средствами проверки плоскостности поверхности детали методом на краску. Плиты изготовляют из чугуна размерами от 100x200 до 1000x1500 мм.

На поверхности плит не должно быть коррозионных пятен или раковин.

Поверочные плиты служат не только для контроля плоскостности. Их широко используют в качестве базы для различных контрольных операций с применением универсальных средств измерений (рейсмусов, индикаторных стоек и др.)

**Поверочные линейки стальные.** Отклонения от плоскостности и прямолинейности (отклонения формы плоских поверхностей) контролируют с помощью поверочных линеек (рис. 4.11).

Поверочные линейки выпускают лекальные с двусторонним скосом (рис. 4.11, а); трехгранные (рис. 4.11, б) и четырехгранные (рис. 4.11, в); с широкой рабочей поверхностью (прямоу-

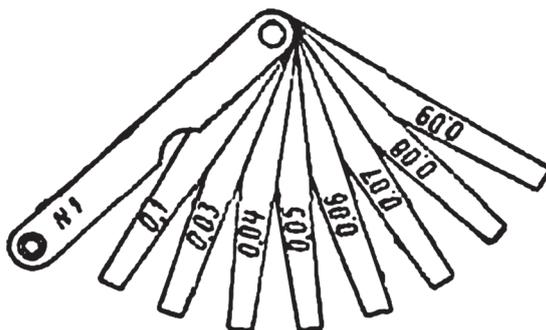


Рис. 4.9. Набор щупов

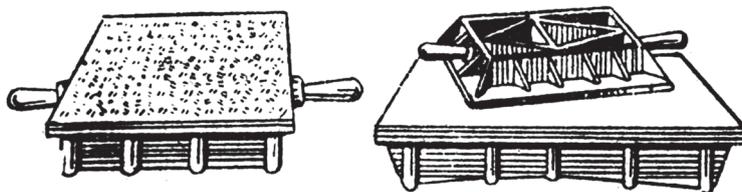


Рис. 4.10. Поверочные плиты

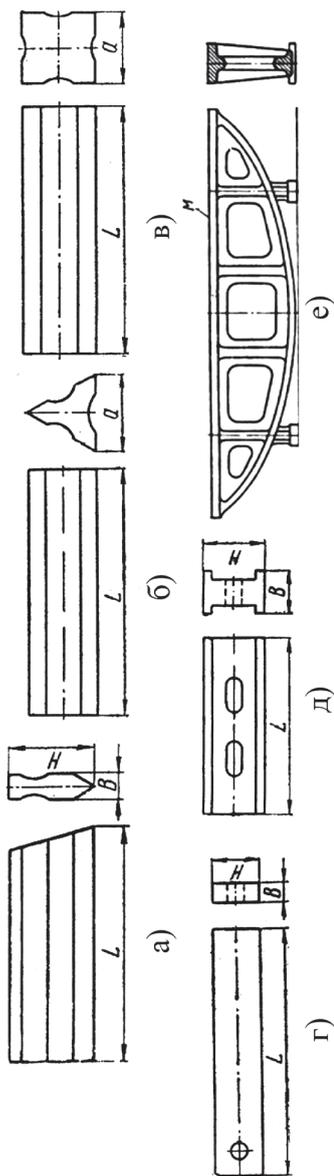


Рис. 4.11. Поворотные линейки

гольного сечения (рис. 4.11, г) и двутаврового сечения (рис. 4.11, д), "чугунные мостики" (рис. 4.11, е).

Линейки выпускаются различных размеров (LxHxB мм): а – до 320x40x8; б – до 320x30; в – до 320x25; г – до 1000x60x12; д – до 4000x160x30.

Поверочные линейки изготовляют длиной: лекальные - до 500 мм, "чугунные мостики" - до 2500 мм и более. Лекальные применяют для контроля прямолинейности поверхности детали "на просвет", а поверочные линейки "чугунные мостики" - применяют для проверки прямолинейности "на краску", с помощью щупа или папиросной бумажки.

При проверке на просвет (рис. 4.12, а) лекальную линейку укладывают острым скосом на проверяемую поверхность, а источник света помещают сзади линейки и детали. Минимальная ширина щели, улавливаемая глазом, составляет 3...5 мкм. Для контроля щели просвета обычно используют щупы.

Измерение отклонений от прямолинейности лекальными линейками "на просвет" требует навыка от исполнителя. Для вы-

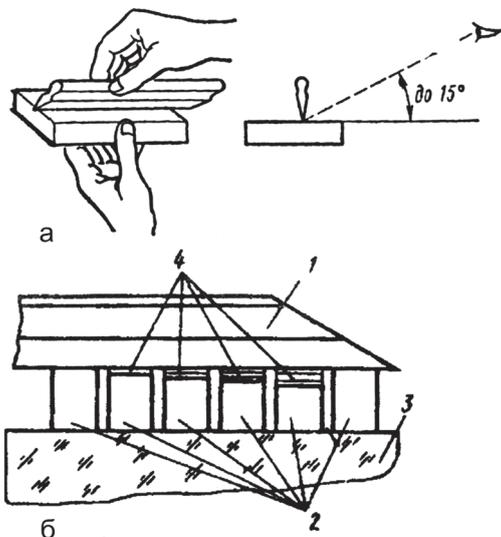


Рис. 4.12. Схема контроля отклонения от плоскостности лекальной линейкой "на просвет":

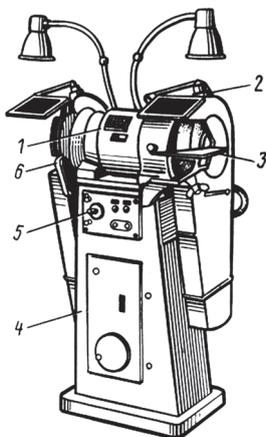
а - визуально; б - с образцом просветов

работки навыка оценивать на глаз по величине просвета величину отклонения от прямолинейности применяют образец просветов (рис. 4.12, б), который состоит из лекальной линейки 1, комплекта из четырех концевых мер длины с градацией 1 мкм, двух одинаковых концевых мер длины (2) и стеклянной пластины 3. При измерении между концевыми мерами длины и ребром линейки образуются "просветы", окрашенные в разные цвета вследствие дифракции видимого света и от величины зазора между линейкой и концевой мерой длины.

## 4.7. ЗАТОЧКА ИНСТРУМЕНТА

### 4.7.1. Основные сведения

В процессе выполнения работы появляется необходимость заточить затупившийся инструмент - разметочный инструмент, шаберы, зубила, токарные резцы, сверла, развертки, фрезы и т.д. Сложный инструмент (фрезы, метчики, развертки, зенкеры и т.п.) для заточки нуждается в специальной оснастке, которая устанавливается на специальном заточном станке, на котором работает соответствующей квалификации рабочий. Менее сложный инструмент (чертилки, зубила, шаберы, то-



**Рис 4.13. Точильно-шлифовальный станок:**

- 1 - шлифовальная головка; 2 - защитный экран; 3 - поворотный столик;
- 4 - станина; 5- пульт управления; 6- подручник

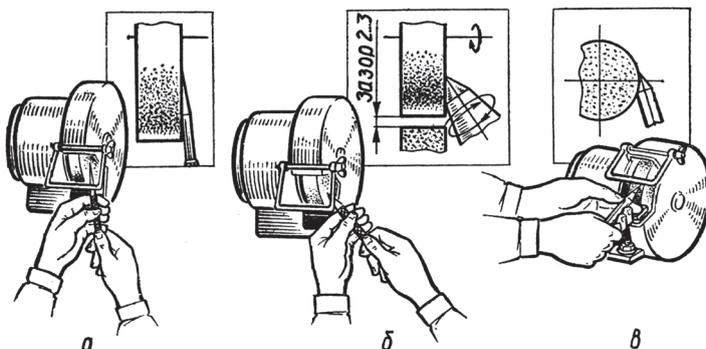
карные резцы, сверла и т.п.) каждый специалист может заточить самостоятельно на универсальном заточном станке.

На рис. 4.13. показан точильно-шлифовальный станок, модель ЗБ633, предназначенный для заточки инструмента вручную. Станок состоит из станины и шлифовальной головки со встроенным двухскоростным электродвигателем.

На выходящих концах вала ротора электродвигателя крепятся шлифовальные круги, которые закрываются кожухами с защитными экранами. Станок оснащен поворотным столиком или подручником для установки резца. В станине станка размещаются электрошкаф и панель управления.

Точильно-шлифовальные станки в зависимости от назначения и по размерам шлифовальных кругов можно разделить на три группы: малые станки с кругами диаметром 100–175 мм для заточки мелкого инструмента; средние станки с кругами диаметром 200–350 мм для заточки основных типов резцов и другого инструмента; крупные с кругами диаметром 400 мм и более.

Обычно на точильно-шлифовальном станке устанавливают шлифовальные круги разных характеристик. Это позволяет производить предварительную и окончательную заточку инструмента. Скорость шлифовального круга 30–35 м/с. Перед заточкой рабочая поверхность круга должна быть заправлена так, чтобы образующая круга была расположена параллельно оси вращения и была ровной без выступов и углублений.



**Рис. 4.14. Приемы заточки разметочных инструментов:**  
а - заточка чертилки; б - заточка кернера; в - заточка ножек циркуля

Универсально-заточные станки широко применяют для заточки слесарного инструмента, токарных резцов и сверл и др.

Перед заточкой инструмента проверяют исправность точильно-шлифовального станка, состояние ограждений, местного освещения, прочность, точность установки абразивного круга (зазор между кругом и подручником должен составлять 2...3 мм), надежность крепления подручника, наличие экрана и т.п. и емкости с водой для охлаждения затачиваемого инструмента.

Перед включением станка опускают и закрепляют экран в нужном положении или надевают защитные очки.

При заточке **чертилки** (рис. 4.14, а) берут ее левой рукой за середину, а правой рукой за конец, противоположный затачиваемому. Затачиваемый конец чертилки располагают под углом 15–20° к периферии абразивного круга и с легким нажимом равномерно вращают ее пальцами правой руки. Для предохранения от перегрева острия чертилки его периодически охлаждают окунанием в воду.

Длина заточенного острия чертилки должна составлять примерно 20 мм.

Заточку **кернера** (рис. 4.14, б) выполняют аналогично заточке чертилки, но затачиваемый конец кернера располагают под углом 30° к периферии абразивного круга. Угол заточки кернера проверяют шаблоном. При этом обращают внимание на то, чтобы не было смещения заточенной части относительно оси корпуса кернера.

Для заточки **ножки циркуля** (рис. 4.14, в) сводят так, чтобы они находились в плотном соприкосновении. Затем циркуль берут левой рукой за середину, ниже дуги со стопорным винтом, а правой - за шарнирное соединение ножек; располагают

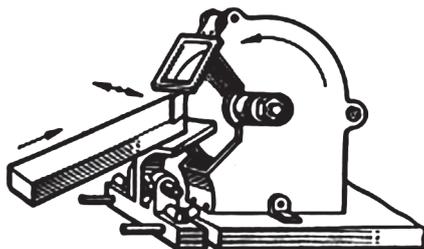


Рис. 4.15. Перемещение резца на точильно-шлифовальном станке при заточке по задней поверхности

ножки циркуля под необходимым углом (примерно  $25-30^\circ$ ) по отношению к абразивному кругу; затачивают конец одной ножки, а затем, изменив положение ножек, - затачивают конец второй ножки; углы ножек должны быть симметричными при одинаковой длине ножек и плотном соприкосновении их плоскостей; острые концы ножек доводят на абразивном бруске и снимают заусенцы на боковых гранях и внутренних плоскостях.

При заточке **зубила** или **крейцмейселя** (рис. 4.15) по поверхностям на заданный угол заострения столик или подручник поворачивают на половину заданного угла и закрепляют в непосредственной близости к кругу с зазором 2–3 мм не более. Зубило или крейцмейсель устанавливают на поворотный столик или подручник и, не отрывая от поверхности столика, аккуратно вручную прижимают обрабатываемой поверхностью к шлифовальному кругу и, сохраняя его ориентацию, перемещают по столику параллельно образующей круга (аналогично перемещению токарного резца при его заточке по задней поверхности). Инструмент периодически необходимо поворачивать на  $180^\circ$ , следя за симметричностью режущей кромки лезвия относительно средней части зубила.

С увеличением усилия прижима инструмента к шлифовальному кругу возрастает производительность труда, но одновременно появляется опасность возникновения прижогов и трещин. Обычно усилие прижима не превышает 20–30, с охлаждением водой, в которую добавлено 5% соды.

Правильность заточки зубила или крейцмейселя проверяют шаблонами (рис. 4.16) и приборами для измерения углов.

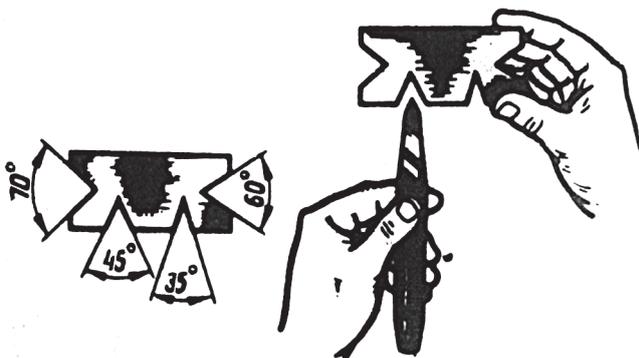


Рис. 4.16. Измерение шаблонами углов заточки зубил

#### 4.7.2. Заточка сверл

Сверло затачивают по задней поверхности, для чего прижимают его к шлифовальному кругу и одновременно поворачивают, как показано на рис. 4.17.

Целесообразно сначала затачивать поверхность около режущей кромки, а затем - поверхность, расположенную под большим задним углом. У твердосплавных сверл сначала затачивают пластину, а затем корпус сверла.

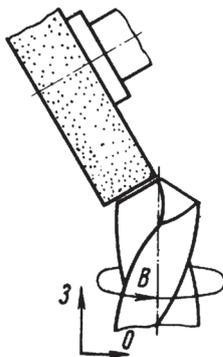
Заточивание вручную (при определенном навыке) обеспечивает равенство двух режущих кромок сверла по длине, равенство углов  $\phi$ , а также постоянство заднего угла по всей длине режущего зуба.

У поперечной кромки сверла отрицательные передние углы, поэтому она не режет, а скоблит металл.

Для уменьшения вредного влияния поперечной кромки, проявляющегося в большом сопротивлении подаче, у сверл диаметром более 15 мм поперечную кромку подтачивают на круге малого диаметра. Углы сверла измеряют с помощью универсального угломера (рис. 4.18).

Симметричность заточки задних поверхностей означает, что задняя поверхность одного зуба (пера) после поворота вокруг оси сверла на  $180^\circ$  полностью совпадает с задней поверхностью другого зуба.

При точном изготовлении канавок симметричность заточки оценивается по параметрам расположения главных кромок



**Рис. 4.17. Заточка сверла по задней поверхности:**  
в - вращение сверла; о - осциллирование; з - затылование

в одном из следующих сочетаний (рис. 4.19): разность углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  и отклонение от центра поперечной кромки  $e_k$ ; осевое биение периферийных точек главных кромок  $b_n$  и отклонение от центра поперечной кромки  $e_k$ ; осевое биение в средних точках главных кромок  $b_c$ .

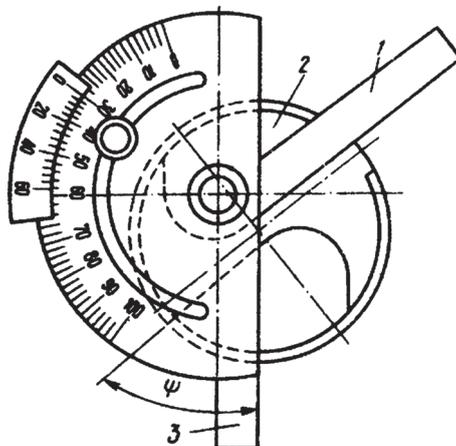
Спиральные сверла затачивают преимущественно по задней поверхности. Сверла диаметром более 6 мм часто затачивают с двойной заточкой и подточкой поперечной кромки. Иногда подтачивают переднюю поверхность канавок и заднюю поверхность ленточек.

При конической заточке (рис. 4.20, а) задняя поверхность каждого зуба оформляется как часть конуса. При заточке сверло покачивается вокруг оси, скрещивающейся с осью сверла.

Параметры конической заточки:

$h$  – расстояние между осью сверла и осью качания (с увеличением  $h$  возрастает задний угол  $\alpha$ );  $H$  – расстояние между вершиной конуса заточки и осью сверла;  $\varepsilon$  – угол разворота сверла;  $\varphi_0$  – угол установки сверла, измеряемый между осью сверла и плоскостью шлифовального круга. Угол установки всегда несколько меньше, чем  $\varphi$  – половина угла сверла при вершине.

Цилиндрическая заточка (рис. 4.20, б) является частным случаем конической, когда угол при вершине конуса равен нулю.



**Рис. 4.18. Измерение угла  $\psi$  при вершине сверла угломером:**  
1 и 3 - планки угломера; 2 - сверло

При винтовой заточке (рис. 4.21) сверло вращается вокруг своей оси и перемещается под некоторым углом  $\beta$  к ней при неизменном угле  $\varphi_0$ . Поступательное перемещение под углом к оси сверла обычно получают сложением двух движений – затылования и осцилляции.

При винтовой заточке с заострением в начальный момент заточки ось сверла не выходит из контакта со шлифовальным кругом, а в конечный – находится за пределами угловой кромки круга, которая производит заострение поперечной кромки сверла.

При винтовой заточке без заострения ось сверла никогда не выходит за пределы угловой кромки круга. Деление осуществляется кинематически за счет того, что на каждый оборот сверла приходится два цикла возвратно-поступательных движений.

При сложно-винтовой заточке (рис. 4.22) сверло вращается вокруг своей оси, перемещается вдоль нее и покачивается вокруг оси, перпендикулярной оси сверла. Угол  $\varphi_0$  между осью сверла и плоскостью шлифовального круга в ходе заточки постепенно уменьшается на  $4-6^\circ$ .

Это облегчает формирование поперечной кромки, улучшает спад задней поверхности. На каждый оборот сверла приходится два цикла движений затылования и поворота, т.е. обеспечивается кинематическое деление. При винтовой и слож-

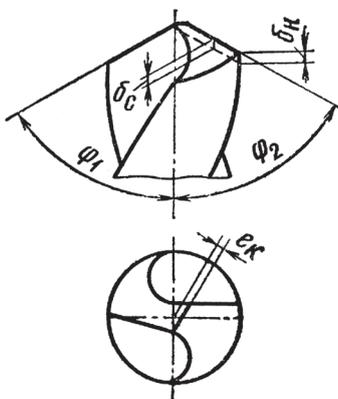


Рис. 4.19. Параметры, характеризующие несимметричность заточки сверл

ной винтовой заточке большему ходу затылования соответствует больший задний угол.

Сверла затачивают, не доводя режущие кромки до полного затупления, о котором судят по звуку, напоминающему свист. Затачивают их на заточных станках, обычных станках с приспособлением или вручную.

При заточке вручную сверло держат левой рукой за рабочую часть возможно ближе к режущим кромкам, а правой – за хвостовик. Прижимая режущую кромку сверла к боковой поверхности круга, плавным движением правой руки покачивают сверло, добиваясь, чтобы его задняя поверхность получила правильный наклон и приняла надлежащую форму.

После заточки задней поверхности режущие кромки сверла должны быть прямолинейными. Заточку сверла проверяют шаблоном (рис. 4.23). Правильно заточенное сверло должно иметь равную длину режущих кромок и равные углы заточки. В противном случае отверстие получается увеличенного диаметра и с искривленной осью, а режущие кромки быстро затупляются.

Существуют различные формы заточки сверл (рис. 4.24). В некоторых из них улучшают (подтачивают) поперечную

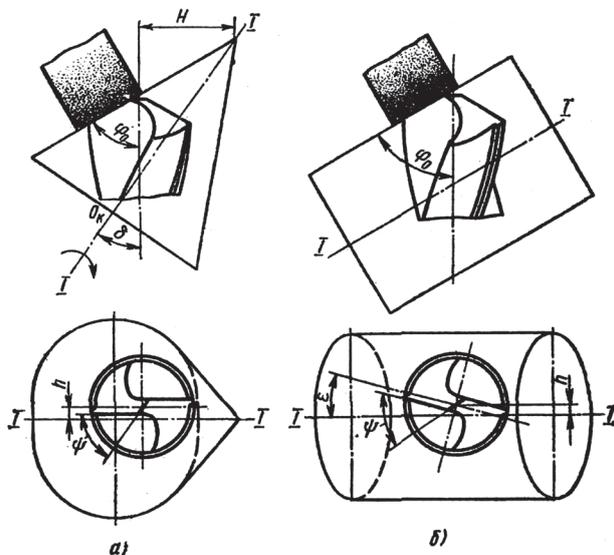
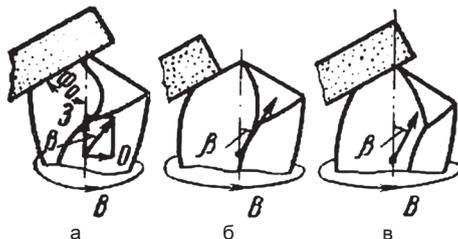
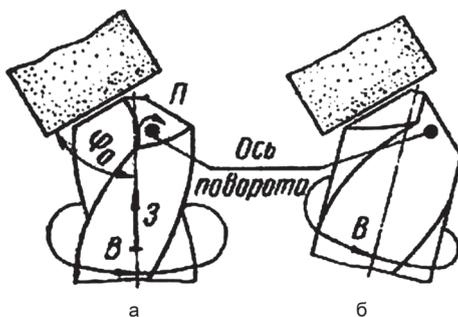


Рис. 4.20. Коническая (а) и цилиндрическая (б) заточка сверла



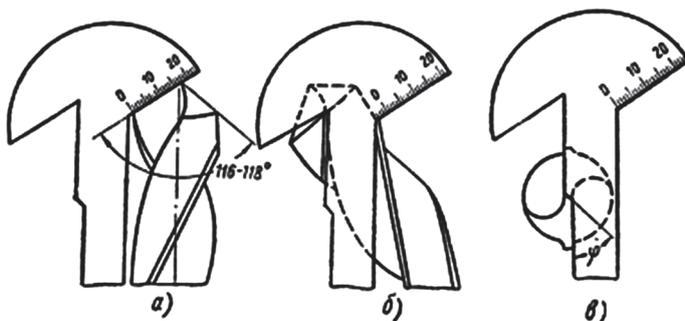
**Рис. 4.21. Винтовая заточка сверла:**

а - начальное положение; б - конечное положение при заточке с заострением;  
в - конечное положение при заточке без заострения;  
З - затылование; О - осцилляция; В - вращение сверла



**Рис. 4.22. Сложно-винтовая заточка сверла:**

а - начальное положение; б - конечное положение; З - затылование;  
П - поворот; В - вращение



**Рис. 4.23. Проверка правильности заточки сверла:**

а - длины и угла наклона режущей кромки; б - задней поверхности;  
в - угла наклона поперечной кромки

кромку и ленточку. При нормальной (одинарной) заточке на режущей части сверла получают одну поперечную и две режущие кромки (рис. 4.24, а), при двойной – одну поперечную и четыре режущие кромки в виде ломаных линий (рис. 4.24, б).

Подточкой уменьшают длину поперечной кромки по мере стачивания режущей части сверла, без подточки эта длина постепенно возрастает. Подточкой уменьшают и ширину ленточки у режущей части сверла.

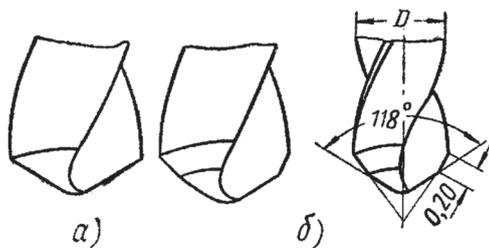
Дефекты, которые могут получаться при ручной заточке сверл, и их влияние на качество сверления:

1. Длина режущих кромок не одинакова, середина поперечной кромки не совпадает с осью сверла. Сверло отклоняется в сторону от оси вращения  $aa$  в положение  $bb$ , отверстие получается большего диаметра по сравнению с диаметром сверла. Сверло бьет и может сломаться.

2. Режущие кромки заточены под различными углами к оси сверла, но середина поперечной кромки совпадает с осью сверла. Стружку снимает только одна кромка сверла. Под влиянием односторонней нагрузки режущей кромки сверло отклоняется в сторону, в результате чего диаметр отверстия увеличивается.

3. Режущие кромки не равны по длине и имеют разный наклон к оси сверла.

Влияние на точность сверления, так как середина поперечной кромки смещается от оси сверла и сверло вращается около смещенной оси.



**Рис. 4.24. Виды заточки сверл:**  
а- одинарная (нормальная); б- двойная

### 4.7.3. Правила безопасности при заточке инструмента

Перед тем как приступить к заточке инструмента, необходимо убедиться в полной исправности всех механизмов и устройств заточного станка, в том числе в исправности и закреплении кругов и их кожухов.

Особое внимание должно быть обращено на кожух круга. Угол раскрытия кожуха для точильно-шлифовальных станков не должен превышать  $90^\circ$ , причем угол раскрытия по отношению к горизонтальной линии не должен превышать  $65^\circ$  (рис. 4.25).

Зазор между подручником и шлифовальным кругом не должен быть более 3 мм. Подручник по высоте устанавливают так, чтобы точка касания затачиваемой поверхности инструмента о поверхность круга находилась на уровне оси шпинделя станка или несколько выше, но не более 10 мм.

Направление вращения круга должно быть таким, чтобы инструмент прижимался к подручнику и искры летели вниз. Это правило должно соблюдаться при заточке и доводке всех видов инструмента.

Заточку инструмента необходимо выполнять в защитных очках или при опущенном защитном экране станка.

## 4.8. РАБОЧЕЕ МЕСТО СЛЕСАРЯ

Основной работой слесаря-машиностроителя является ручная работа, связанная с обработкой металлов и других материалов для получения деталей, отвечающих техническим требованиям чертежей для сборки машин и механизмов и их

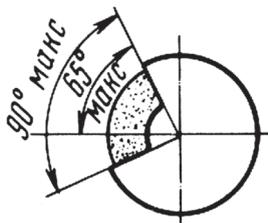


Рис. 4.25. Углы раскрытия кожуха шлифовального круга

сборка, регулировка и обеспечение работоспособности при эксплуатации.

Рабочее место слесаря должно иметь достаточные размеры для удобного размещения оборудования, приспособлений и инструментов.

На рабочем месте слесаря-ремонтника должны удобно размещаться: слесарный верстак (прочный и устойчивый) с тисками и деревянной решеткой для установки тисков на высоте, соответствующей росту слесаря (рис. 4.26).

На столе расстояния от мест хранения заготовок и инструмента до работающего должны быть такими, чтобы при работе достаточно было использовать только движение рук (без наклона корпуса) (рис. 4.27). Трудовые приемы, связанные с незначительными усилиями и большой точностью движений, выполняют кистью или даже одними пальцами. Приемы, связанные со средними усилиями, совершают за счет мышц плеча и предплечья. В рабочих движениях со значительным усилием принимает участие вся рука и даже корпус рабочего.



**Рис. 4.26. Рабочее место слесаря:**

- а - слесарный верстак с тисками; 1 - каркас; 2 - столешница; 3 - тиски;  
4 - защитный экран; 5 - планшет для чертежей; 6 - светильник; 7 - полочка  
для инструмента; 8 - планшет для рабочего инструмента; 9 - ящики;  
10 - полки; 11 - сиденье

Для экономии рабочих движений и мышечных усилий все оснащение на рабочем месте делят на предметы постоянного и временного пользования, за которыми закрепляются определенные места хранения и расположения. Предметы, используемые чаще, располагают в пределах досягаемости левой и правой рук, согнутых в локте. Предметы, которыми пользуются реже, кладут дальше, а в зоне досягаемости свободно вытянутых рук при наклоне корпуса вперед (к верстаку) не более  $30^\circ$ .

Тиски на столе могут быть неподвижно закрепленными (рис. 4.28, а), а также подвижные с поворотной рабочей частью относительно стола (рис. 4.28, б). Поворотная часть тисков конструктивно выполнена аналогично тискам, которые устанавливаются неподвижно.

Ручные слесарные тиски (рис. 4.29) применяют для закрепления заготовок деталей, которые неудобно или опасно держать руками при обработке (рис. 4.30).

Высоту тисков на столе определяют в соответствии с рос-

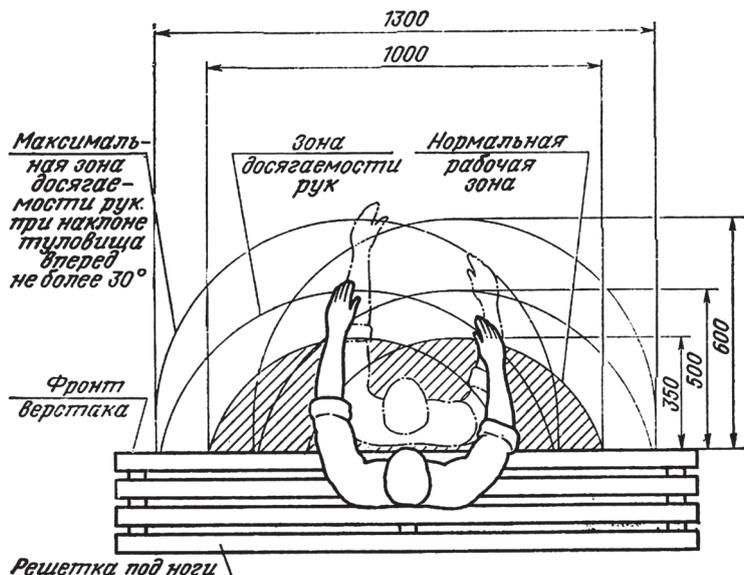
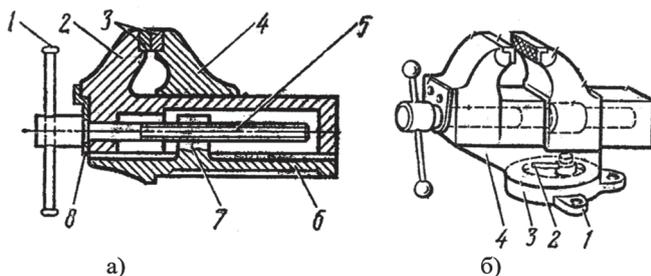
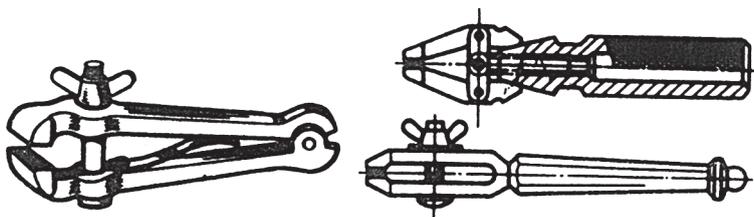


Рис. 4.27. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости



**Рис. 4.28. Слесарные тиски:**

а - неподвижные: 1 - рычаг; 2 - подвижная губка; 3 - пластинки; 4 - неподвижная губка; 5 - винт; 6 - основание; 7 - гайка; 8 - стопорная планка; б - поворотные: 1 - место крепления; 2 - рукоятка для закрепления поворотной части; 3 - основание; 4 - поворотная часть



**Рис. 4.29. Ручные слесарные тиски**

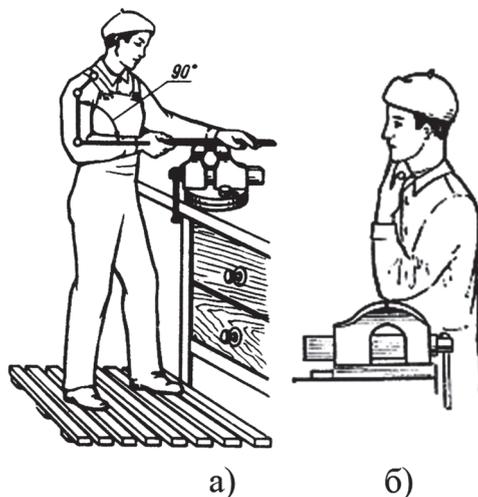


**Рис. 4.30. Пример применения ручных тисков**

том рабочего (рис. 4.31, а). Выбирая высоту установки тисков при рубке, согнутую в локте левую руку ставят на губки тисков так, чтобы концы выпрямленных пальцев руки касались подбородка (рис. 4.31, б), или устанавливают горизонтально инструмент при опиливании при слегка согнутой левой руке, при этом правая рука имеет вертикальное положение плечевой части руки и горизонтальное под углом  $90^\circ$  локтевой части (рис. 4.31, а).

При малом росте рабочего используют под ноги специальные регулируемые по высоте подставки (решетки).

Для хранения деталей на рабочем месте должны быть предусмотрены шкаф, стеллажи для материалов и деталей или специальная тара. Для перемещения крупногабаритных и тяжелых конструкций должны быть предусмотрены подъемно-транспортные средства (консольно-поворотный кран с электродвигателем). Кроме того, рабочее место слесаря-ремонтника должно быть оснащено заточным и настольным сверлильным станком, ручным или механизированным прессом, ванной для промывки деталей, разметочной плитой, наковальней, ящиком для грязных обтирочных материалов и другим необходимым для выполнения работы оборудованием.



**Рис. 4.31. Высота установки тисков:**  
а - при опиливании; б - при рубке

Для выполнения некоторых видов работ и кратковременного отдыха на рабочем месте должен быть табурет или специальный стул с подъемным сиденьем.

На рабочем месте должно быть достаточное общее и местное (на шарнирном штативе) освещение.

В помещении должна постоянно поддерживаться нормальная температура воздуха и предусмотрена принудительная вентиляция и установлены защитные устройства, предусмотренные правилами охраны труда и техники безопасности.

#### **4.9. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

1. В общем случае перед началом работы необходимо:
  - привести в порядок спецодежду и правильно надеть ее; обшлага рукавов и полы куртки застегнуть. Волосы убрать под плотно облегающий головной убор;
  - убрать лишние предметы с рабочего места;
  - проверить исправность инструмента, приспособлений, ограждений и специальных устройств;
  - приспособить местное освещение таким образом, чтобы рабочее место было хорошо освещено и свет не попадал в глаза;
  - при ремонте оборудования (на месте его постоянной работы) потребовать отключения и изоляции концов кабеля для провода, питающих электродвигатели станка; при этом на месте, где произведено отключение, должен быть вывешен предупредительный плакат "Не включать - ремонт";
  - ознакомиться с технологическим процессом и технологической картой;
  - переносные электрические светильники допускается применять напряжением не выше 36 В. В помещениях особо опасных допускается применять переносные электрические светильники не выше 12 В;
  - переносная лампа должна иметь защитную сетку, крючок для ее подвески и шланговый провод достаточной длины с исправной изоляцией. На конце шнура переносной лампы должна быть исправная штепсельная вилка;
  - при выполнении работ ручным инструментом убедиться в его исправности;
  - слесарные молотки и кувалды должны иметь ровную, слег-

ка выпуклую поверхность, должны быть надежно насажены на ручки и закреплены стальными заершенными клиньями;

– зубила, просечки и другие подобные им инструменты не должны иметь косых и сбитых затылков, трещин и заусенцев, их боковые грани не должны иметь острых ребер;

– гаечные ключи должны соответствовать размерам гаек и головок болтов и не иметь трещин и забоин.

Запрещается применять прокладки между зевом ключа и гранями гаек, наращивать их трубами или другими рычагами. Раздвижные ключи не должны иметь слабины в подвижных частях.

При выполнении работ с применением тисков надежно зажимать обрабатываемую деталь. При работах, требующих разъединения или соединения деталей при помощи кувалды и выколотки, выколотку держать клещами; выколотка должна быть из меди или другого мягкого металла.

При рубке металла зубилом пользоваться защитными очками с небьющимися стеклами или сетками. Для защиты окружающих обязательно ставить предохранительные щитки.

При выполнении работ с применением пневматического инструмента:

- запрещается работать на приставных лестницах;
- при смене инструмента вентиль воздухопровода должен быть закрыт;
- запрещается перекручивать или зажимать шланг для прекращения доступа (подачи) воздуха.

Во время работы на сверлильных станках:

– необходимо пользоваться имеющимися на станке ограждениями. Работа без ограждений запрещается. На многошпиндельных станках должно быть предусмотрено устройство для пуска и выключения каждого шпинделя;

– механизмы крепления патронов должны обеспечивать надежный зажим и точное центрирование инструмента на патроне. Патрон сверлильного станка не должен иметь выступающих частей, выбоин и заусенцев;

– обрабатываемые детали устанавливать и закреплять в тиски, кондукторы и другие приспособления, надежно укрепленные на столе или плите сверлильного станка. Применять на станке приспособления, не обеспечивающие надежности крепления, запрещается.

К работе с переносным электроинструментом допускаются лица, обученные, аттестованные, согласно списку, утвержден-

ному начальником цеха (отдела), имеющие I квалификационную группу и проходящие периодический инструктаж не реже 1 раза в квартал на общих основаниях. Список лиц, имеющих право пользоваться переносным электроинструментом, хранится у лица, выдающего инструменты.

При работе на заточном станке (наждачное точило) возможны травмы от отлетающих мелких частиц металла и абразива, а также засорение глаз металлической и абразивной пылью. Для безопасного ведения этих работ очень важны правильная организация рабочего места и эксплуатация заточного станка, контроль за состоянием станка, абразивного круга и оградительных (защитных) устройств, который должен отвечать ряду требований:

- шлифовальный круг не должен иметь биения и на его поверхности не должно быть выбоин и трещин;
- защитные кожухи надежно прикреплены к станку;
- подручник правильно установлен, т.е. зазор между краем подручника и рабочей поверхностью круга меньше половины толщины шлифуемого (затачиваемого) изделия и не более 3 мм;
- подручник должен быть установлен так, чтобы прикосновение изделия к кругу происходило по горизонтальной плоскости, проходящей через центр круга или выше ее, но не более 10 мм (подручник разрешается переставлять только после полной остановки станка);
- пылеотсасывающая установка находится в исправном состоянии и обеспечивает во время работы удаление образующейся пыли;
- станок имеет исправный защитный подвижный экран.

2. Ремонт и монтаж промышленного оборудования связаны с поднятием и перемещением деталей и сборочных единиц зачастую очень большой массы. Правила техники безопасности запрещают допускать к переноске тяжестей подростков до 16 лет. Юношам от 16 до 18 лет разрешается переносить грузы массой не более 16 кг, а девушкам 16–18 лет – не более 10 кг. Взрослые мужчины могут поднимать груз массой до 50 кг.

3. При работе с электрооборудованием необходимо прежде всего остерегаться непосредственного соприкосновения со всякого рода токоведущими частями, с частями оборудования и металлоконструкциями, которые оказались под напряжением.

ем вследствие нарушения изоляции в тех или иных электроустановках.

В сухих производственных помещениях относительно безопасным считается напряжение тока до 40 В. В помещениях жарких, сырых, с земляным или бетонным полом безопасно напряжение только до 12 В. Провода высокого напряжения должны быть размещены в местах, не доступных для соприкосновения с ними.

Чем больше сила тока, тем больше опасность поражения. Ток в 0,1 А и выше, как правило, является для человека смертельным.

Степень опасности поражения электрическим током зависит от ряда условий, в частности от характера прикосновения к токоведущим частям. Особенно опасно двухполюсное прикосновение, т.е. одновременное прикосновение к двум фазам находящейся под напряжением электрической сети. Тело человека тогда оказывается под действием полного рабочего напряжения сети, и ток, проходящий через него, достигает 0,1 А.

При однополюсном прикосновении, которое нередко наблюдается в моменты случайного прикосновения человека к одному из проводов сети, напряжение, действующее на человека, почти в два раза меньше.

4. При работе с нефтепродуктами должна быть обеспечена приточная вентиляция. При длительном вдыхании масляного тумана наблюдается общая слабость, усталость, головная боль и тошнота. При чистке резервуаров и других операциях не следует опускать голову внутрь резервуаров, так как можно мгновенно отравиться парами нефтепродуктов и потерять сознание.

## ГЛАВА 5 СЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ

### 5.1. ОПИЛИВАНИЕ

Опиливанием называют обработку металла режущим инструментом – напильником, с помощью которого с поверхности заготовки снимают слой металла с тем, чтобы придать ей необходимые размеры, заданную форму и требуемые точность (10-12 квалитет) и шероховатость поверхности ( $Ra - 1,25 \div 2,5$  мкм).

Опиливание применяют, как правило, после рубки или резки для отделки поверхности обрабатываемой детали и придания ей более точных размеров. Опиливание применяют также для пригонки деталей при сборке. В слесарном деле опиливанию подвергают наружные плоские и криволинейные поверхности, наружные или внутренние, сложные фасонные поверхности, углубления, отверстия, пазы и выступы.

Опиливание подразделяется на предварительное (черновое) и окончательное (чистовое и отделочное), выполняемые различными напильниками. Напильник подбирают в зависимости от заданной точности обработки, шероховатости поверхности и величины припуска, оставляемого на опилование.

Поверхности различных деталей, которые по своим размерам и конфигурации не могут быть обработаны на металло-режущих станках или опилены обычными напильниками, обрабатывают рихтовочными напильниками. Ими обрабатывают также детали из цветных металлов и низкоуглеродистой стали. С помощью рихтовочных напильников хорошо снимаются грубые риски.

Для механизации работ по опиливанию широко применяют электрические или пневматические машинки, в патроне кото-

рых укрепляют специальные напильники (борнапильники) или абразивные головки, а также опиловочные станки.

### 5.1.1. Напильники

Напильники (рис. 5.1) изготавливают из инструментальной и углеродистой сталей марок У13 или У13А или легированной хромистой стали ШХ15.

После насечки зубьев напильники подвергают термообработке. Твердость и острота зубьев напильника должна обеспечивать сцепляемость с поверхностью твердостью 54 HRC.

Длиной напильника считается только длина его насеченной части. Напильники изготавливают длиной от 100 до 400 мм.

Насечка напильников бывает простой (одинарной, рис. 5.2, а), перекрестной (двойной, рис. 5.2, б) и рашпильной (рис. 5.2, в).

Напильники общего применения для облегчения дробления стружки выполняются с двойной насечкой, при этом основная насечка располагается под углом  $\lambda=25^\circ$ , а вспомогательная под углом  $\omega=45^\circ$  (рис. 5.3).

Зубья напильника имеют форму клина с углом заострения  $\beta$ , задним углом  $\alpha$ , передним углом  $\gamma$  и углом резания  $\delta$  (рис. 5.4).

*Передним углом  $\gamma$*  называется угол между передней поверхностью зуба и плоскостью, проходящей через его вершину перпендикулярно оси напильника. Этот угол колеблется в пределах от  $+10$  до  $-16^\circ$ .

*Угол заострения  $\beta$*  образуется между передней и задней поверхностями зуба напильника.

*Задним углом  $\alpha$*  называется угол, образующийся между задней поверхностью зуба и плоскостью опилюваемой заготовки.

*Угол резания  $\delta$*  образуется между передней поверхностью зуба и плоскостью опилюваемой заготовки.

Практикой слесарной обработки установлены следующие значения углов зубьев напильника:

а) для напильников с насеченными зубьями (рис. 5.4, а):

$\gamma$  – отрицательный до  $-16^\circ$ ,  $\beta=70^\circ$ ,  $\alpha=30^\circ$ ,  $\delta=106^\circ$ ;

б) для напильников с фрезерованными и шлифованными зубьями (рис. 5.4, б):

$\gamma=2-10^\circ$ ,  $\beta=60-65^\circ$ ,  $\alpha=20-25^\circ$ ,  $\delta=80-88^\circ$ .

Зубья рашпильной насечки образуются выдавливанием металла заготовки рашпиля насекательными зубилами со специальной формой заточки. Каждый зуб рашпильной насечки сме-

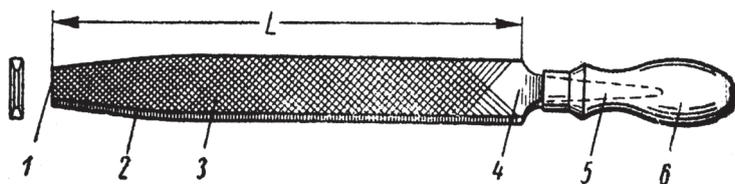


Рис. 5.1. Элементы напильника:

1 - нос; 2 - ребро; 3 - грань; 4 - пятка; 5 - хвостовик; 6 - ручка; L - длина

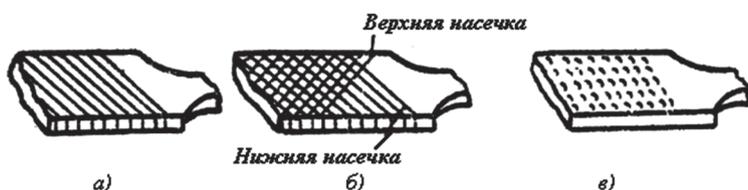


Рис. 5.2. Виды насечек:

а - одинарная; б - двойная (перекрестная); в - рашпильная

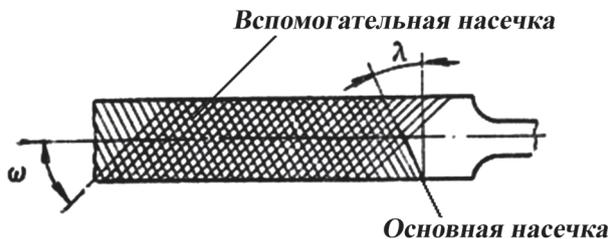


Рис. 5.3. Напильники с насечкой для дробления стружки

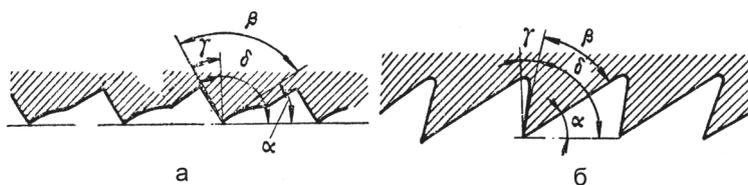


Рис. 5.4. Геометрия зубьев напильника:

а - насеченные зубья; б - фрезерованные и шлифованные зубья

Т а б л и ц а 5.1

**Точность обработки при опиливании напильниками**

Опиливание напильниками	Припуск на обработку, мм	Точность обработки, мм		Шероховатость обработанной поверхности Ra, мкм
		отклонение от прямолинейности или плоскостности на всю длину или ширину поверхности	среднее отклонение от заданного размера	
Драчевыми	0,5 - 1	0,15 - 0,20	0,2 - 0,3	80 - 20
Личными	0,15 - 0,3	0,03 - 0,06	0,05 - 0,1	10 - 2,5
Бархатными	0,05 - 0,1	0,02 - 0,03	0,02 - 0,05	1,25 - 0,32

щен относительно расположенного впереди зуба на половину шага. Это уменьшает глубину канавок, образующихся на поверхности опиливаемой заготовки, и облегчает процесс резания. Напильники с такой насечкой применяются для опиливания мягких материалов (дерево, каучук, резина, кость, рог и др.).

По своему назначению напильники разделяются на: 1) слесарные общего назначения; 2) рашпили; 3) надфили; 4) машинные (для опилочных станков); 5) вращающиеся (дисковые и головки); 6) специальные.

После обработки на станках и при ремонте приходится опиливать заготовки, плоскости станин, плит, стоек, пазы, выступы, подгонять шпонки, снимать фаски, зачищать заусенцы, забоины и т.п.

Опиливание подразделяется на предварительное и окончательное (отделочное). Выполняется опиливание различными по назначению, размерам и форме напильниками.

Опиливанием снимают слой металла в пределах от 0,05 до 1 мм. Точность этого вида обработки (табл. 5.1) зависит прежде всего от квалификации слесаря.

### 5.1.2. Выбор напильников

Величину насечки напильника выбирают в зависимости от толщины снимаемого слоя, требуемой чистоты поверхности и точности обработки. При выборе слесарных напильников общего назначения можно руководствоваться данными, приведенными ниже.

**Напильники с рашпильной насечкой** применяют для обработки дерева, кожи, каучука, резины, кости и т.п. Рашпилями опиливают баббиты, свинец, цинк и другие материалы. Делят их на два класса. Рашпили с более мелкой насечкой можно

использовать для чистовой обработки (где не требуется высокое качество чистоты поверхности).

**Напильники с одинарной насечкой** применяют для обработки мягких металлов (латуни, цинка, баббита, свинца и т.д.), а также для обработки дерева.

**Напильники с двойной насечкой** применяют для обработки стали и чугуна.

Мягкие металлы не рекомендуют опиливать личными или бархатными напильниками, так как зубья их быстро забиваются стружкой и перестают резать.

**Бархатные с мелкой и очень мелкой насечкой** применяют для подгонки деталей, отделки, доводки и шлифования поверхностей.

Бархатными напильниками придают высокую чистоту обрабатываемой поверхности. После них на поверхности не остаются никакие видимые на глаз и ощутимые руками штрихов.

**Драчевые и личные напильники стандартного типа**, т.е. с углом основной (нижней) насечки  $\lambda=25^\circ$  и вспомогательной (верхней)  $\omega=45^\circ$  (рис. 5.1, г), следует применять для обработки стали средней твердости, а также в тех случаях, когда приходится опиливать детали из разных материалов.

Драчевые напильники применяют для грубого опиливания, когда надо снять большой слой металла (до 1 мм). За один рабочий ход драчевым напильником можно снять слой толщиной 0,08–0,15 мм.

Личные напильники используют для точной обработки со съемом слоя металла не более 0,1 мм. За один рабочий ход такими напильниками снимают слой металла толщиной до 0,03 мм.

**Напильники-брусочки** изготовляют одного класса (драчевые с очень крупной насечкой для самого грубого опиливания).

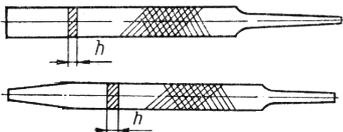
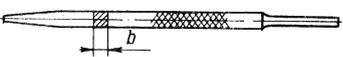
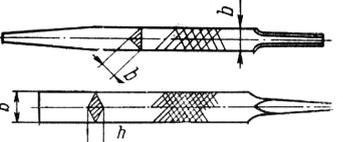
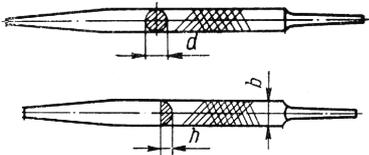
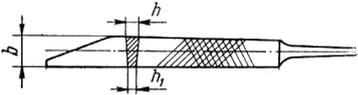
**Надфили** делят на шесть номеров. Первый номер имеет 25 насечек, шестой - 80 насечек на 1 см длины. Используют их при опиливании очень точных и мелких изделий, а также мест, не доступных для обычных напильников, при изготовлении инструментов и при обработке штампов.

### **5.1.3. Выбор формы поперечного сечения напильника**

Форма поперечного сечения напильника выбирается в зависимости от вида, размеров и расположения обрабатываемой

Т а б л и ц а 5.2

**Форма сечения напильника и его назначение**

Виды напильников	Назначение
	<p>Плоские и плоские остроносые предназначены для опилования легкодоступных плоских и выпуклых поверхностей, пропиливания шлицев и канавок (размера <math>h</math> и больше), распиливания прямоугольных отверстий</p>
	<p>Квадратные (четырёхгранные) предназначены для распиливания квадратных и прямоугольных отверстий (размера <math>b</math> и больше), узких плоских поверхностей, недоступных для работы широким плоским напильником</p>
	<p>Трёхгранные и ромбические предназначены для опилования внутренних острых углов, трёхгранных отверстий и плоскостей (размера <math>b, h</math> и больше), в недоступных для плоского напильника местах</p>
	<p>Круглые и полукруглые предназначены для распиливания круглых или овальных отверстий, вогнутых и плоских поверхностей (размера <math>d, b, h</math> и больше), для опилования плоской стороной плоскостей, полукруглой стороной—вогнутых поверхностей (полукруглых выемок)</p>
	<p>Ножовочные предназначены для опилования внутренних углов, клиновидных канавок, узких пазов, плоскостей в трёхгранных, квадратных и прямоугольных отверстиях (размера <math>b, h</math> и больше)</p>

мой поверхности в соответствии с его назначением.

Форму сечения напильника выбирают соответственно по очертанию обрабатываемой поверхности (табл. 5.2).

**5.1.4. Выбор длины напильника**

Длину напильника выбирают в зависимости от величины обрабатываемой поверхности. Чем она больше, тем больших

размеров должен быть напильник. Длина напильника должна быть не менее, чем на 150 мм, больше длины опиливаемой поверхности.

### 5.1.5. Размеры и форма ручек

Важное значение для удобства, высокой производительности и безопасности работы напильником имеют правильные размеры и форма ручек. Длина ручки должна быть примерно в 1,5 раза длиннее хвостовика. Хвостовик напильника входит в ручку на глубину от  $2/3$  до  $3/4$  его длины.

При насаживании ручки на хвостовик напильника между плечиками пятки и концами ручки оставляют расстояние 10–20 мм, которое необходимо для того, чтобы осадить напильник в ручку для более прочного крепления.

Ручки к напильникам изготавливают из твердых пород дерева: березы, клена, бука, ясеня. Поверхность ручек делают ровной и гладко отполированной. Чтобы ручка не раскалывалась при осадке напильника и при работе, на ее конец надевают стальное кольцо. Отверстие для хвостовика напильника просверливают или прожигают.

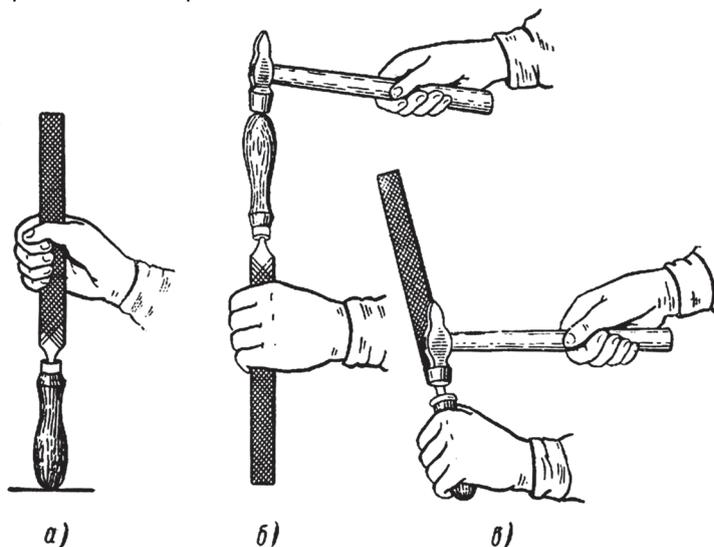


Рис. 5.5. Насаживание и снятие ручки напильника

При насаживании напильника его хвостовик вставляют в отверстие ручки и правой рукой вертикальными взмахами удаляют головкой ручки о верстак (рис. 5.5, а) или, вставив хвостовик в отверстие ручки, молотком слегка ударяют по головке ручки (рис. 5.5, б). Для снятия напильника ручку берут в левую руку и наносят два–три слабых удара молотком по верхнему краю кольца (рис. 5.5, в).

### 5.1.6. Приемы опилования

Наибольшая производительность труда при опиловании обеспечивается при расположении верхней поверхности губок тисков на уровне локтя рабочего (рис. 5.6, а). Существенное влияние на производительность опилования оказывает положение ног и корпуса рабочего при работе.

Наиболее удобное положение такое, при котором корпус слесаря составляет примерно  $45^\circ$  с линией, проходящей через губки тисков (рис. 5.6, б). Левая нога слесаря должна быть выдвинута вперед носком в сторону рабочего движения напильника на расстояние 150–200 мм от переднего края верстака и должна воспринимать почти весь вес тела. Правая нога должна быть отдалена от левой на 200–300 мм. Угол между средними линиями ступней должен составлять примерно  $60^\circ$  и правая нога должна быть упором (рис. 5.6, в).

Для снятия напильником толстых слоев металла приходится нажимать на напильник с большей силой, и поэтому правую ногу отставляют от левой на 500–700 мм, так как в этом случае нагрузка на нее больше, чем в первом случае. При слабом нажиме на напильник, например при доводке или от-

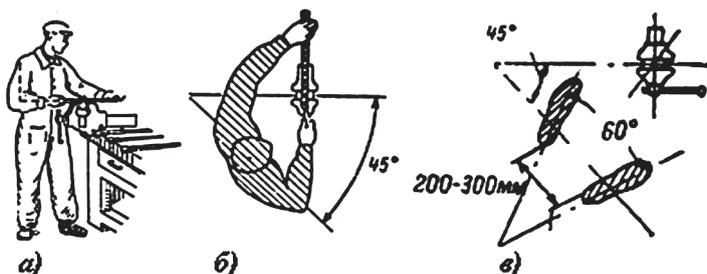


Рис. 5.6. Приемы опилования

делке поверхности детали, ноги ставят почти рядом.

Существенным является координация движений слесаря и усилий, прикладываемых к напильнику (рис. 5.7).

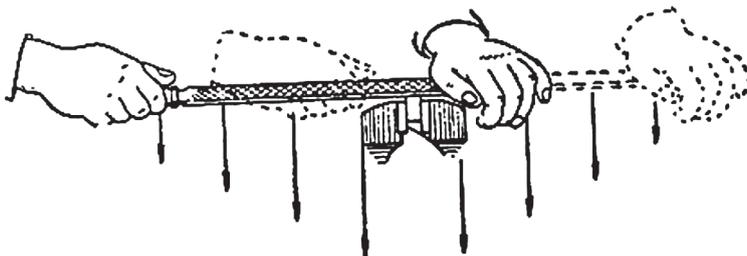
Движение напильника должно быть строго горизонтальным, поэтому вертикальные усилия на рукоятку и нос напильника должны изменяться в зависимости от положения точки контакта напильника с деталью. При рабочем движении напильника усилие левой руки необходимо постепенно уменьшать. Регулируя усилие нажатия на напильник, добиваются получения ровной опиливаемой поверхности без завалов по краям. Прижимать напильник к детали необходимо только при рабочем ходе (от себя). Во время обратного хода напильник должен лишь скользить по поверхности. Чем грубее обработка, тем больше должно быть усилие при рабочем ходе.

Если плоскую поверхность опиливают особенно тщательно, ее проверяют «на краску». Окрашенные места опиливают, а затем поверхность снова проверяют по краске. Так продолжают до тех пор, пока не будет достигнута необходимая точность обработки поверхности.

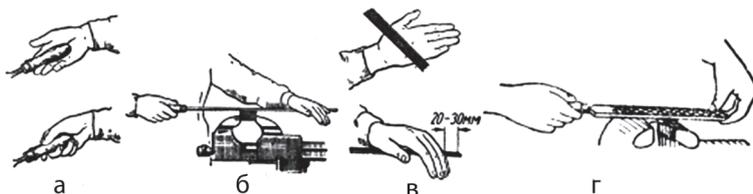
Правильное положение рук при черновом опиливании показано на рис. 5.8. Темп движения напильника зависит от его величины и выполняемой работы. Опиливание идет быстрее, если темп движения взят небольшой, а стружку снимают большую.

При чистовом опиливании вертикальное усилие нажатия на напильник должно быть значительно меньше, чем при черновом опиливании. В этом случае левой рукой нажимают на нос напильника не ладонью, а лишь большим пальцем (рис. 5.8, г).

На поверхности заготовки напильник оставляет следы зубьев, которые называют штрихами или рисками. По равномерно-

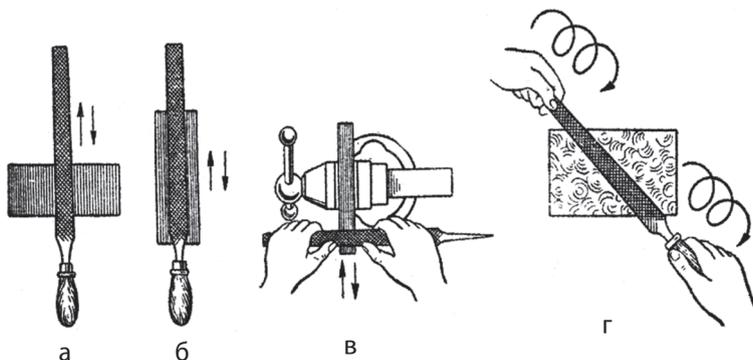


**Рис. 5.7.** Схема распределения усилий нажима рук при опиливании



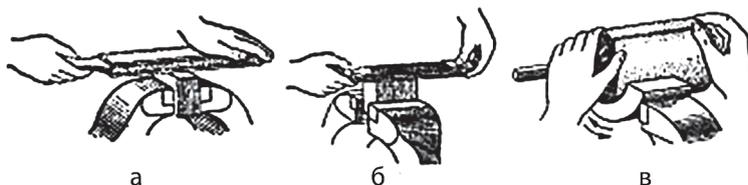
**Рис. 5.8. Приемы работы напильником:**

а - положение ручки напильника в правой руке; б - выполнение опилования; в - положение левой руки на напильнике; г - положение левой руки при чистовом опиловании



**Рис. 5.9. Отделка поверхности напильником:**

а - поперечным штрихом; б и в - продольным штрихом; г - круговым штрихом



**Рис. 5.10. Отделка опиленных поверхностей:**

а - деревянным бруском с наклеенной наждачной бумагой; б - абразивной бумажной шкуркой, натянутой на напильник; в - вогнутой поверхности абразивной шкуркой

сти штрихов определяют качество опиливания. Для уменьшения глубины штрихов и лучшего выравнивания плоскостей изменяют положение рук и периодически изменяют направление опиливания, в результате получается перекрестный штрих.

При опиливании металлов (особо вязких) между зубьями напильников набивается стружка, которая мешает дальнейшей работе и царапает поверхность обрабатываемой заготовки. Поэтому напильники периодически чистят щетками.

Рабочую поверхность личного напильника с целью предупреждения царапания покрывают мелом. Мел заполняет пространство между зубьями напильника, и стружка не попадает во впадины между насечками.

Опиливание поверхности обычно заканчивают ее отделкой. В слесарном деле поверхности отделяют личным и бархатным напильниками, бумажной или полотняной абразивной шкуркой, которой обертывают напильник, и абразивными брусками. При этом направление движения напильника может быть поперечным, продольным или круговым штрихами (рис. 5.9).

Чтобы получить гладкую и чистую поверхность, насечку напильника необходимо во время работы чаще прочищать и натирать мелом (при опиливании алюминия - стеарином).

После отделки поверхность обрабатывают абразивными брусками или абразивной шкуркой (мелкими номерами) всухую или с маслом (рис. 5.10). В первом случае получают блестящую поверхность металла, во втором - полуматовую. При отделке меди и алюминия шкурку натирают стеарином.

### **5.1.7. Механизированный инструмент**

Для повышения производительности труда при выполнении некоторых видов опилочных работ применяют механизированный инструмент.

Существует два типа приспособлений для механического опиливания:

1-й тип - роторного действия, с использованием гибкого вала или пневматических и электрических машинок;

2-й тип - возвратно-поступательного действия, с использованием механизмов, преобразующих вращательное движение в прямолинейное возвратно-поступательное.

Приспособлениями первого типа являются фасонные вращающиеся напильники (рис. 5.11) и абразивные круги.

Значительно облегчают и ускоряют опиливание переносные опилочные пневматические машинки, которые имеют сменные зажимные патроны для установки различных по форме и размерам вращающиеся напильники и абразивные круги. Отработавший воздух пневматического привода в виде струи направляют на поверхность изделия, чем удаляют стружку из зоны обработки.

Приспособления второго типа используют энергию привода гибкого вала бормашины или пневматической машинки. (рис. 5.12). Приспособление состоит из корпуса, внутри которого вращательное движение вала преобразуется в возвратно-поступательное движение напильника и имеет сменные зажимные патроны для установки различных по форме и размерам напильников.

Работа механического напильника требует приложения некоторого усилия, но значительно меньшего, чем при ручном опилении, так как рабочий здесь только направляет напильник и регулирует нажатие. Самую тяжелую часть работы по снятию стружки производит машина. Вместо напильника можно установить ножовочное полотно. Отработавший воздух пневматического привода в виде струи направляют на поверхность изделия, чем удаляют стружку из зоны обработки.

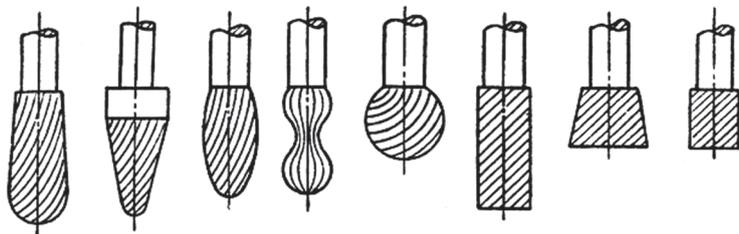


Рис. 5.11. Вращающиеся напильники (борнапильники)



Рис. 5.12. Переносная опилочная пневматическая машинка с напильником

### 5.1.8. Уход за напильниками

Напильники во время работы изнашиваются. Износ сопровождается потерей их режущих свойств. Очень быстро, практически мгновенно, изнашивается напильник в случае опилования им поверхности, не очищенной от окалины и корки, или закаленной. Для удлинения срока службы напильников необходимо соблюдать правила:

- не употреблять новый напильник для опилования твердого чугуна, стали и твердых, неотожженных стальных деталей (сначала им опиловывают мягкую сталь, бронзу, латунь);
- беречь напильники от ржавчины, следить, чтобы на них не попадала вода и наждачная пыль;
- всегда пользоваться только одной стороной напильника, вторую пускать в дело лишь после затупления первой стороны или же в случае обязательной обработки острыми зубьями;
- не класть напильники один на другой, а также вместе с другими инструментами и деталями;
- не брать напильник за насеченную часть замасленными руками и не класть его на замасленные верстак или тряпки.

Уход за напильниками заключается в своевременной очистке насечки от застрявших в ней стружек и предохранении напильника от попадания на насечку масла или воды. Чистят напильники стальными щетками, изготовляемыми из кордной ленты. Иногда стальной щеткой не удается достаточно хорошо очистить напильник, тогда его опускают на 8–10 мин в 10%-ный водный раствор серной кислоты, а затем промывают в воде и очищают стальной щеткой. После очистки напильник тщательно промывают сначала в растворе каустической соды, а потом в горячей воде и немедленно сушат.

Опилки от каучука, фибры и дерева можно очистить стальной щеткой после выдержки напильника в течение 15–20 мин в горячей воде.

Если на напильник попало масло, то его чистят куском древесного угля (березового), натирая вдоль рядов насечек, а затем чистят, как обычно, щеткой. Если очистить углем не удается, то замасленные и загрязненные напильники промывают в горячем растворе щелочи (едкого натра, каустической соды). После этого их очищают стальной щеткой, промывают в воде и высушивают.

Напильники при правильном уходе и интенсивной работе

сохраняют работоспособность в течение 12–15 рабочих дней при опиливании стали средней твердости, 7–10 дней - стали твердой, 10–12 дней - чугуна, 15–18 дней - бронзы и мягкой стали, 15–20 дней - латуни и алюминия.

Поверхность изношенного напильника блестящая, а нового или малоизношенного - матовая.

Изношенные напильники передают в перенасечку или на восстановление.

## **5.2. РАЗМЕТКА**

Разметкой называют операцию нанесения на обрабатываемую заготовку или ремонтируемую деталь линий (так называемых разметочных рисок), определяющих контуры детали или места, подлежащие обработке.

Разметку деталей применяют преимущественно в мелкосерийном производстве деталей и при проведении слесарных ремонтных работ.

Для производства разнообразных разметочных работ слесарь должен располагать специальными измерительными и разметочными инструментами (линейки, рейсмасы, чертилки, кернеры и др.).

Для установки, выверки и закрепления размечаемых деталей используют набор специальных приспособлений (подкладки, призмы, угольники и пр.).

Разметку производят на разметочных плитах, на которых и располагают все приспособления и инструмент.

### **5.2.1. Разметочные плиты**

Разметочные плиты имеют ребристую конструкцию, что придает им жесткость при сравнительно небольшом весе.

Рабочие поверхности разметочных плит должны быть точно обработаны. Во избежание деформаций плит в процессе их эксплуатации отливки между черновой и чистовой обработкой подвергают старению (выдержке на воздухе длительное время).

На верхней поверхности разметочной плиты (рис. 5.13, а), при отсутствии станочных пазов, прострагивают продольные и поперечные канавки глубиной и шириной 1-2 мм так, чтобы вся поверхность плиты оказалась разделенной на квадратные участки.

Большие разметочные плиты устанавливают на специальных подставках (тумбах) с выдвижными ящиками для хранения инструмента. Разметочные плиты малых размеров помещаются на деревянных подставках и устанавливают непосредственно на верстаках.

Высота от пола до рабочей поверхности разметочной плиты малых или средних размеров составляет 800–900 мм, а плиты больших размеров – 700 мм.

Разметочная плита должна иметь свободное пространство для обхода и для возможности работать с любой стороны.

Проверку плоскостности разметочных плит осуществляют с помощью точной проверочной линейки и щупа. Для этого линейку накладывают своей рабочей поверхностью на рабочую поверхность разметочной плиты. Зазоры между этими поверхностями контролируют щупом. Толщина щупа, который проходит в щель между линейкой и разметочной плитой, не должна превышать 0,03–0,05 мм.

Правильность рабочих поверхностей шабренных разметочных плит (рис. 5.13, б), предназначенных для точной разметки и поверочных работ, проверяют на краску поверочной линейкой. Число пятен в квадрате 25х25 мм должно быть не меньше 12.

### 5.2.2. Оснастка

Для того чтобы установить деталь на рабочей плоскости разметочной плиты, применяют опорные подкладки, призмы, домкраты, специальные приспособления, кубики и угольники, располагающие точно обработанными призматическими и верти-

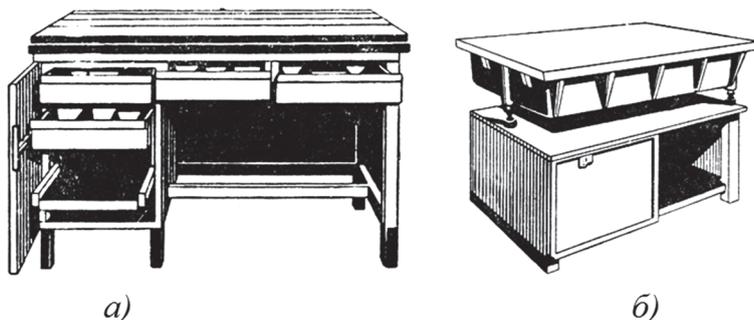


Рис. 5.13. Разметочные плиты

кальными поверхностями, перпендикулярными к поверхности плиты. Подкладки используют также для предохранения рабочей поверхности разметочной плиты от повреждения необработанными (черными) поверхностями размечаемых деталей.

Подкладки плоские (рис. 5.14, а) и призматические (рис. 5.15) располагают непосредственно на рабочей поверхности разметочной плиты.

Детали, имеющие плоское основание, плоский торец или три опоры, разнесенные на максимальное расстояние по габариту детали, необходимо устанавливать для разметки на трех подкладках, подобранных по высоте. Если необходимо деталь ориентировать в горизонтальной плоскости, то подбирают подкладки или набор подкладок под опоры, при которых деталь займет горизонтальное положение. В этом случае удобно также использовать регулируемые по высоте подкладки. На рис. 5.14, б показана регулируемая подкладка, которая регулируется по высоте вращением винта 1, который перемещает клин 2 по клину 3. На боковой поверхности нижнего клина нанесе-

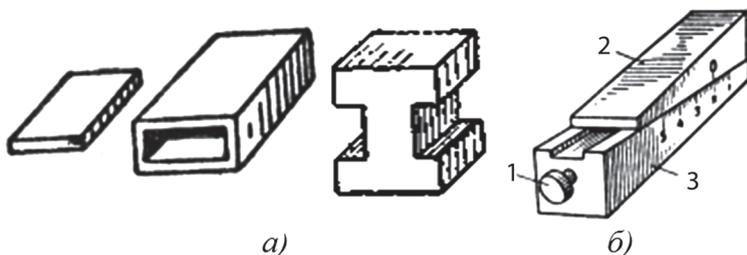


Рис. 5.14. Подкладки для установки детали на разметочной плите

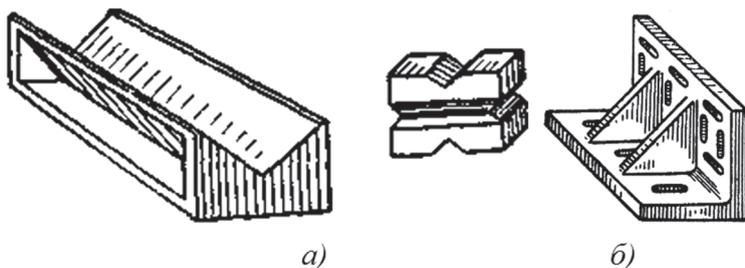


Рис. 5.15. Призма (а) и угольник (б) для установки деталей

на шкала, которая позволяет более точно устанавливать высоту подкладки.

Цилиндрические детали помещают на призматических подкладках с треугольными вырезами (рис. 5.15, а). В наборе вспомогательных инструментов обычно имеется несколько таких подкладок с одинаковыми вырезами.

Для удобства разметки деталь может быть закреплена на угольнике (рис. 5.15, б), установленном на разметочной плите. На полках угольника имеются сквозные отверстия, через которые деталь можно крепить к угольнику.

### **5.2.3. Инструмент для разметки и методы работы с ним**

Перед разметкой производят выверку установки детали на разметочной плите. Выверяют установку детали по высоте при помощи **штангенрейсмаса**. Штангенрейсмасы применяют для точной разметки и измерения высот. Штангенрейсмас (рис. 5.16) состоит из основания 1, штанги 2, рамки 3, закрепляемой на штанге винтом 8, нониуса 4, державки 6, закрепляемой винтом 7, и микрометрической подачи 5 рамки. В рамку 3 вставляют сменные ножки. Ножки имеют различное назначение: так, ножка 9 - служит для измерения высоты, 10 - для закрепления круглых чертилок, 11 - для разметки. Ножки, которые могут быть также использованы для нанесения рисок на размечаемых деталях, специально затачивают, создавая необходимые для разметки режущие лезвия. Способы отсчета размеров по штангенрейсмасу такие же, как и для штангенциркуля.

Измерение или разметку штангенрейсмасом производят на разметочной плите. Перед измерением проверяют нулевую установку инструмента. Для этого рамку с ножкой опускают до соприкосновения с плитой или специальной базовой поверхностью (в зависимости от вида ножки). При таком положении нулевое деление нониуса должно совпасть с нулевым делением шкалы штанги.

Проверив настройку штангенрейсмаса, можно приступить к измерениям (рис. 5.17, а). При измерении высоты детали опускают вручную рамку с ножкой, немного не доводя ее до детали. Дальнейшее перемещение ножки до соприкосновения с деталью осуществляют с помощью гайки 5 микрометрической подачи.

Затем скользящим движением штангенрейсмаса по плите от детали выводят ножку из соприкосновения с деталью. После этого скользящим возвратным движением штангенрейсмаса по плите делают попытку поставить ножку на прежнее место. Если натяг был большой, то ножка уткнется в деталь, если натяга не было, то не произойдет соприкосновения с деталью. Если натяг был небольшой, то ножка, соприкнувшись с деталью, станет на свое место. В этом положении рамку стопорят винтом 8.

При измерении с помощью игл (рис. 5.17, а) необходимо от показания штангенрейсмаса  $M$  вычесть величину  $m$ , которая

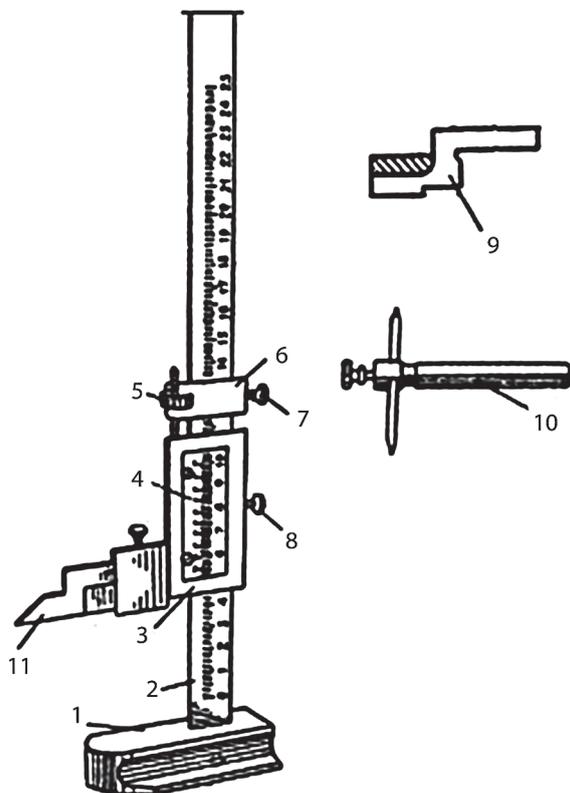


Рис. 5.16. Штангенрейсмас с принадлежностями (ножками)

соответствует такому положению рамки 2, когда острие иглы находится в одной плоскости с плоскостью основания прибора.

При разметке размер устанавливают по шкалам нониуса и штанги заранее (рис. 5.17, б). Риску на детали прочерчивают острым концом ножки при перемещении штангенрейсмаса по плите, стараясь перемещать ножку перпендикулярно к размечаемой поверхности.

Нанесение вертикальных рисок можно производить по угольнику.

**Угольники** ( $90^\circ$ ) применяют для проверки (или разметки) прямых углов. Угольники (рис. 5.18, а) служат для проверки неточных изделий. Такие угольники изготавливаются цельными, из одного куска материала, и имеют обе стороны одинаковой толщины.

Угольники с широким основанием (рис. 5.18, б) отличаются тем, что короткая сторона их толще длинной. Они предназначены для проверки прямоугольности при установке изделия на проверочной плите.

**Чертилка круглая** является инструментом для нанесения разметочных рисок (рис. 5.19). Она изготавливается из круглой инструментальной стали марки У10 или У12. Рабочий конец чертилки закалывают до твердости 55–58 HRC на длине 20–30 мм и остро затачивают.

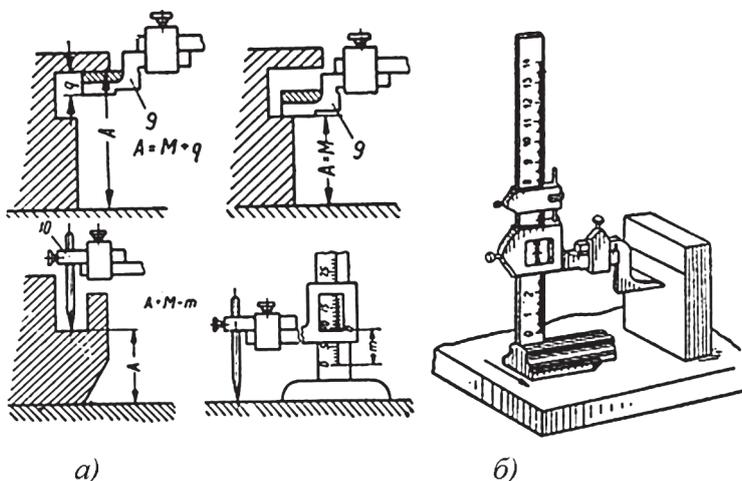


Рис. 5.17. Настройка инструмента на размер

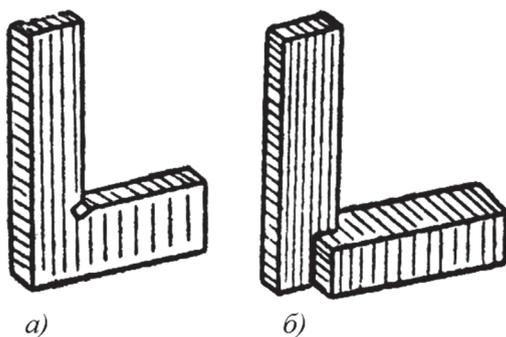


Рис. 5.18. Угольники



Рис. 5.19. Чертилки

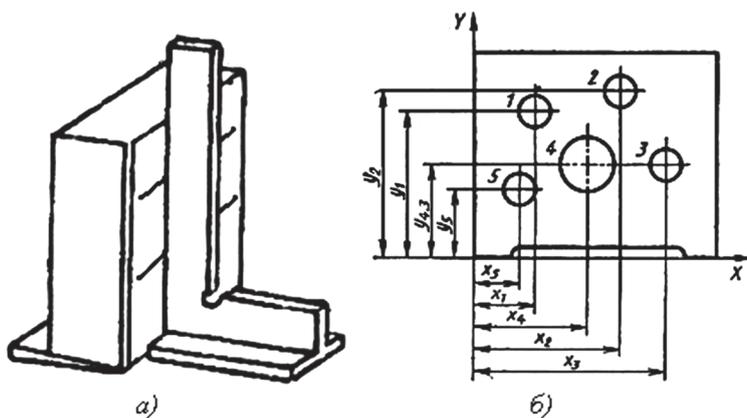


Рис. 5.20. Нанесение вертикальных разметочных линий

В целях повышения износоустойчивости чертилок их концы иногда покрывают тонким слоем твердого сплава.

Для нанесения вертикальных рисок угольник устанавливается широким основанием на плиту, длинной стороной приклоняется к размечаемой поверхности в вертикальной плоскости (рис. 5.20, а). Выверяют положение кромки длинной стороной угольника в горизонтальной плоскости и чертилкой наносят вертикальную риску на размечаемой поверхности.

В результате повторения операций с нанесением горизонтальных и вертикальных рисок можно получить пересечение рисок, по которым впоследствии будут просверлены отверстия (рис. 5.20, б). Для того, чтобы взаимное расположение отверстий было более точным, необходимо их координаты наносить на плоскость от основания плиты и от боковой грани заготовки, если она вертикальна, или от произвольно проведенной вертикальной линии, но тогда необходимо пересчитать координаты положения вертикальных рисок от этой вертикальной линии.

**Разметочные кернеры** (рис. 5.21, а) служат для сохранения точности расположения отверстий при сверлении по разметке. Для этого необходимо накернить их расположение (на пересечении рисок сделать углубления, керны (рис. 5.21, б).

Разметочные кернеры изготавливают из инструментальной стали У7А или режее У8А и подвергают термообработке. Острие кернера затачивают на конус с углом  $60^\circ$ .

При более точной разметке используют малые кернеры с острием, заточенным под углом  $30-45^\circ$ .

У кернера для наметки разметки отверстий, подлежащих сверлению, угол заострения делают равным  $75^\circ$ .

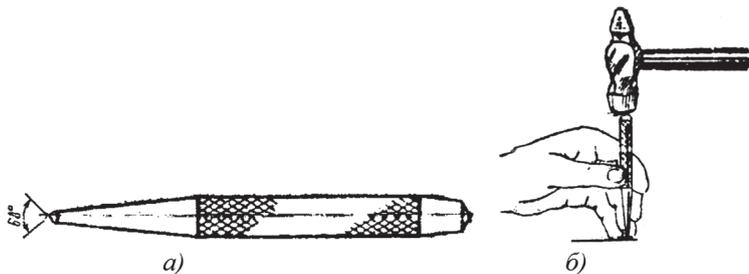


Рис. 5.21. Разметочный кернер (а) и накернивание (б)

Во время работы разметочные риски становятся мало заметны из-за стружки, пыли, следов замасленных рук и т.п. Поэтому после нанесения рисков производят также их накернивание.

При работе кернер удерживают тремя пальцами левой руки (рис. 5.21, б). Опираясь на мизинец руки, кернер наклоняют в сторону от себя и совмещают его острый конец с центром перекрестия или с серединой разметочной риски. Найдя нужную точку и зафиксировав на ней мизинцем положение острия кернера, приводят кернер в положение перпендикулярное к накерниваемой поверхности, после чего правой рукой наносят резкий удар молотком по бойку кернера. Необходимо следить, чтобы в момент удара кернер и молоток находились на одной вертикали с тем, чтобы не произошло смещение острия кернера в момент удара молотком.

При ремонте часто приходится увязывать размеры сопрягаемых деталей, обрабатывая одну из деталей по другой. В таких случаях прибегают к разметке "по месту". Если, например, необходимо сместить резьбовые отверстия на корпусе под фланец, то фланец устанавливают в нужное положение, в крепежное отверстие вставляют направляющую втулку и через нее производят накернивание положения резьбового отверстия. После сверления и нарезания резьбы устанавливают фланец на место и через новое резьбовое отверстие крепят его к корпусу болтом. Затем через втулку накернивают положение остальных отверстий.

При накернивании контуров деталей центры этих углублений (кернов) должны располагаться точно на разметочных линиях, чтобы после обработки детали на ее поверхности оставалась несрезанной половина керна. На длинных рисках простого очертания керны располагают с шагом  $20 \div 100$  мм; на коротких рисках, а также в углах, перегибах и закруглениях - с шагом  $5 \div 10$  мм. На закруглениях керны располагают с меньшим шагом. На пересечениях рисков керны располагают в том случае, если это необходимо для последующей механической обработки (для сверления отверстий, сопряжения поверхностей, ограничения перемещения инструмента и т.п.).

Обработанные поверхности точных деталей обычно не накернивают либо же ставят керны на продолжении рисков - на боковых сторонах детали.

В ряде случаев на постоянном расстоянии от рабочих ри-

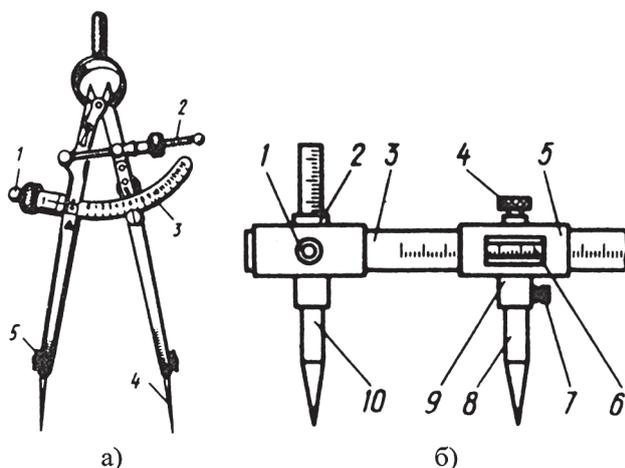
сок наносят контрольные риски, которые не накернивают.

**Циркули** используют для разметки окружностей и дуг, деления отрезков и окружностей, а также для геометрических построений. Циркулями пользуются и для переноса размеров с измерительных линеек на деталь.

Разметочные циркули бывают различными по конструктивному исполнению, но в основном состоят из двух шарнирно соединенных ножек со вставными иглами.

Особенностью конструкции циркуля на рис. 5.22, а является наличие устройства 3, которое дает возможность установить расстояние между иглами циркуля непосредственно по его шкале с точностью до 0,2 мм. Микрометрические винты 1 и 2 повышают точность этой установки. Сменные иглы 4 затягиваются гайками 5.

На рис. 5.22, б показан разметочный штангенциркуль, в основном предназначенный для разметки линий и окружностей больших диаметров. Он состоит из штанги 3 с миллиметровыми делениями и измерительных ножек - неподвижной ножки 2 с измерительной иглой 10, которая может устанавливаться по высоте и стопориться в нужном положении стопорным винтом 1, и подвижной ножки 9 с рамкой 5 и с нониусом 6, которая закрепляется на штанге 3 в нужном положении стопор-



**Рис. 5.22. Слесарные циркули:**

а - циркуль с измерительной шкалой; б - разметочный штангенциркуль

ным винтом 4. Стопорный винт 7 предназначен для закрепления вставной иглы 8 или резца.

Разметка будет более четкой, если поверхности заготовки, подлежащие разметке, окрасить меловой краской или раствором медного купороса, быстросохнущими лаками и красками. Краску берут готовую или готовят сами.

Меловую краску готовят из порошка мела, разведенного в воде, с добавлением небольшого количества растительного (льняного) масла и столярного клея. Для получения раствора медного купороса берут три чайные ложки купороса на стакан воды.

Меловым раствором покрывают черновые необработанные поверхности. Раствором медного купороса окрашивают только стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанными поверхностями небольшой площади.

### **5.3. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ**

Сверление является одной из часто выполняющихся операций при сборочных и слесарно-ремонтных работах. Для этого используют ручные, пневматические и электрические дрели, трещотки, сверлильные головки с приводом от гибкого вала, а также сверлильные станки, если позволяют условия для их использования. Основными ручными немеханизированными инструментами для сверления являются коловорот, винтовая дрель, ручная дрель и трещотка.

**Коловорот** (рис. 5.23, а) применяют для сверления мелких отверстий в дереве, фибре и мягких металлах, а также для отвинчивания и завинчивания шурупов и винтов, гаек, при- тирки клапанов.

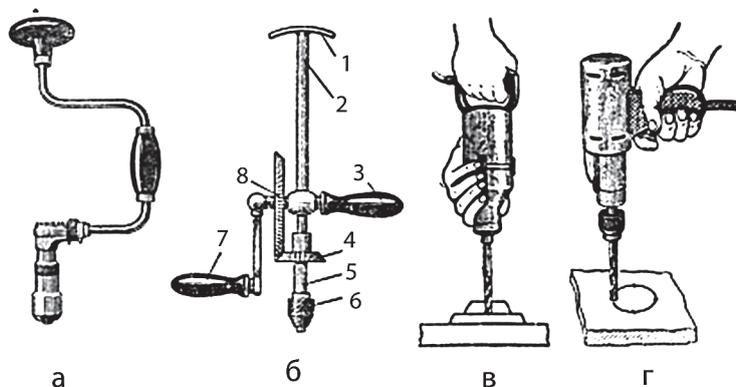
Коловорот состоит он из изогнутого стального стержня, на верхнем конце которого имеется свободно вращающаяся упорная шляпка, а на нижнем конце укреплен патрон. На колене посажена свободно вращающаяся деревянная ручка. При работе коловоротом нажимают на упор левой рукой или грудью (создают усилие подачи сверлу), а правой рукой за ручку вращают коловорот.

**Ручная дрель с конической передачей.** Эту дрель (рис. 5.23, б) используют для сверления отверстий диаметром до 8 мм. Состоит она из стального стержня 2, на котором непод-

вижно укреплены рукоятки 3 и 7 и шляпка 1. При вращении рукоятки 7 движение передается большой конической шестерне 8, свободно сидящей на оси, а от нее к малой конической шестерне 4, неподвижно сидящей на втулке 5, и патрону 6, в котором закреплено сверло. При работе дрель удерживают левой рукой за рукоятку 3, правой вращают рукоятку 7. При сверлении отверстий большого диаметра при необходимости можно нажать грудью на шляпку 1. Дрель с зубчатой передачей может сделать до 300 об/мин.

**Электрические сверлильные машины.** Эти электрические дрели питаются постоянным или переменным током нормальной частоты и переменным током повышенной частоты (высокочастотные дрели). Электрические машины выпускают трех типов: тяжелого (для отверстий диаметром 20–32 мм), среднего (для отверстий диаметром 10–20 мм) и легкого (для отверстий диаметром до 8–10 мм). Тяжелые сверлильные машины обычно имеют на корпусе две боковые рукоятки или две рукоятки и упор; средние - одну замкнутую рукоятку на задней части корпуса (рис. 5.23, в), легкие - рукоятку пистолетной формы (рис. 5.23, г).

**Пневматические дрели.** В заводских условиях находят применение пневматические сверлильные машины (пневматические дрели). Пневматические дрели по своим возможно-



**Рис. 5.23. Устройства для сверления:**

а - коловорот; б - ручная дрель для отверстий до 8 мм; в - электродрель для отверстий от 10 до 20 мм; г - электродрель пистолетного типа для отверстий до 8-10 мм

стям и по форме (эргономике) исполнения во многом совпадают с ручными электрическими машинами (рис. 5.23, г).

Ремонтные работы в зависимости от трудоемкости могут выполняться на **сверлильных станках** (в основном при изготовлении деталей при ремонте). Для этой цели используются настольно-сверлильные и одношпиндельные вертикально-сверлильные станки.

### 5.3.1. Сверление и рассверливание

Наиболее распространенным методом получения отверстий в сплошном материале является сверление ручной дрелью или с помощью настольного сверлильного станка. Движение резания при сверлении - вращательное, движение подачи - поступательное.

Перед сверлением отверстия определяют положение его центра на заготовке. На пересечении линий, проведенных чертилкой, керном пробивают положение центра отверстия.

Для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками (диаметром до 16 мм) применяют сверлильные кулачковые патроны (рис. 5.24). Сверло закрепляется кулачками 6, которые могут сводиться и разводиться, перемещаясь в пазах корпуса 2. На концах кулачков выполнены рейки, которые находятся в зацеплении с резьбой на внутренней поверхности кольца 4. От ключа 5, через коническую передачу приводится во вращение втулка 3 с кольцом 4, по резьбе которого кулачки 6

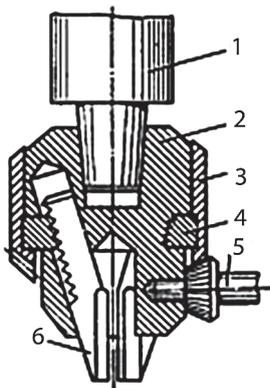


Рис. 5.24. Сверлильный кулачковый патрон

перемещаются вверх или вниз и одновременно в радиальном направлении. Для установки патрона на конический хвостовик 1 шпинделя дрели или станка патроны снабжаются коническим отверстием.

### **5.3.2. Технология и приемы сверления**

Перед началом сверления дрелью сверло приводится во вращение. Сверло плавно (без удара) подводят к закрепленной заготовке и производят совмещение сверла с накерненным центром отверстия и сверлят на небольшую глубину (надсверливают). Затем отводят инструмент, останавливают сверло и проверяют точность расположения надсверленного отверстия.

Для того, чтобы сверло не сместилось, рекомендуют предварительно сверловку заготовки сверлом небольшого диаметра 2–5 мм. Благодаря этому при окончательном рассверлении отверстия поперечная кромка сверла не работает, что уменьшает смещение сверла относительно оси отверстия на заготовке при окончательном сверлении.

При сверлении отверстия, глубина которого больше его диаметра, сверло периодически выводят из обрабатываемого отверстия и очищают канавки сверла и отверстие заготовки от накопившейся стружки.

Для уменьшения трения инструмента о стенки отверстия сверление производят с подводом смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), особенно при обработке стальных и алюминиевых заготовок. Чугунные, латунные и бронзовые заготовки можно сверлить без охлаждения. Применение СОЖ позволяет повысить скорость резания в 1,4–1,5 раза. В качестве СОЖ используются раствор эмульсии (для конструкционных сталей), компаундированные масла (для легированных сталей), раствор эмульсии и керосин (для чугуна и алюминиевых сплавов). Если на станке охлаждение не предусмотрено, то в качестве СОЖ используют смесь машинного масла с керосином, в которую окунают сверло или поливают сверло из масленки.

При сверлении напроход в момент выхода сверла из заготовки необходимо резко снизить подачу во избежание поломки сверла. Для сохранности инструмента при сверлении следует работать с максимально допустимыми скоростями резания и с минимально допустимыми подачами. У правильно

заточенного сверла работают обе режущие кромки и стружка сходит по двум спиральным канавкам.

Размеры отверстия при сверлении получаются больше заданных, если режущие кромки сверла имеют разную длину, хотя и заточены под одинаковыми углами; режущие кромки имеют разную длину и заточены под разными углами; режущие кромки имеют равную длину, но заточены под разными углами. При неправильно и недостаточно заточенном сверле получается косое отверстие с большой шероховатостью поверхности. Кроме того, при работе недостаточно заточенным (тупым) сверлом у выходной части отверстия образуются заусенцы. Неодинаковая длина режущих кромок и несимметричная их заточка, эксцентричное расположение перемычки и различная ширина ленточек вызывают защемление сверла в отверстии, что увеличивает силы трения (по мере углубления сверла в заготовку) и, как следствие, приводят к поломке инструмента.

Обрабатываемое отверстие называется глубоким, если его глубина в 5 раз больше его диаметра. При сверлении глубокого отверстия применяют длинное спиральное сверло с обычными геометрическими параметрами, которое периодически выводят из обрабатываемого отверстия для охлаждения и удаления накопившейся в канавках стружки. Для повышения производительности обработки применяют сверла с принудительным отводом стружки.

Установка и закрепление заготовок на столе сверлильного станка могут быть выполнены по-разному. Это зависит от размеров, конфигурации и массы заготовки, а также от диаметра обрабатываемого отверстия и др.

Мелкие детали при сверлении в них отверстий диаметром до 10 мм обычно закрепляют в ручных тисках или удерживают от проворота плоскогубцами. При обработке отверстий большего диаметра заготовка должна закрепляться более надежно, например в машинных тисках. Перед установкой машинных тисков на столе станка тщательно освобождают его от стружки, очищают поверхность стола от загрязнений, протирают и смазывают маслом опорные плоскости. После выверки тисков относительно шпинделя станка крепят их к поверхности стола станочными болтами, заведенными в Т-образные пазы стола. При сверлении отверстий малого диаметра тиски можно не крепить.

Заготовки, не помещающиеся между губками тисков, зак-

репляют прижимными планками к поверхности стола или приспособления.

При обработке сквозных отверстий необходимо учитывать возможность выхода режущего инструмента из отверстия без повреждения поверхности стола или приспособления, или самого инструмента.

При сверлении ось сверла должна быть перпендикулярна к поверхности, на которой сверлят отверстие. Если это не обеспечено, то ось отверстия будет расположена косо и возможна поломка сверла.

Перед началом работы стол станка и опорные поверхности приспособлений нужно очищать от стружки и других посторонних предметов.

Под деталь при сверлении сквозных отверстий (рис. 5.25, а) следует подкладывать деревянную подкладку, а для точных деталей - стальное кольцо или плитку с отверстием для прохода сверла.

При сверлении отверстий на цилиндрической или наклонной поверхности так, как это показано (рис. 5.25, б, в), необходимо предварительно подготовить площадку А. Эту площадку можно выполнить фрезерованием или засверловкой перпендикулярно к поверхности и лишь после этого сверлить отверстие. Различают сверление по разметке и сверление по кондуктору.

**Сверление по разметке.** Центр отверстия накернивают кернером с углом заострения, примерно равным углу при вершине сверла. Обрабатываемую заготовку закрепляют так, чтобы центр отверстия и вершина сверла совпадали.

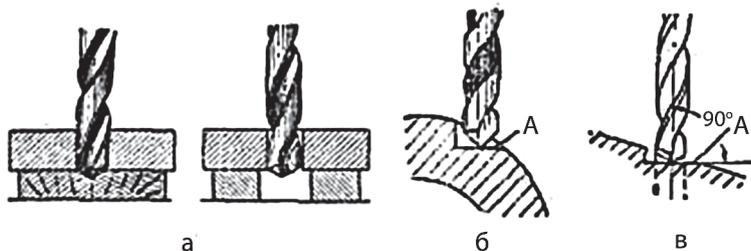


Рис. 5.25. Сверление отверстий насквозь (а), на цилиндрической (б) и наклонной поверхностях (в)

Вначале при небольшой ручной подаче просверливают отверстие на глубину, равную примерно  $1/4$  диаметра сверла, и затем осматривают полученную окружность. Если полученная окружность не сместилась относительно центра разметки, то сверление продолжают. Если же центр сверления сместился, то слесарным канавочником с полукруглым лезвием прорубают канавку от центра сверления в сторону, куда нужно сместить центр сверла. После этого вновь накернивают в прорубленной канавке смещенный центр отверстия и начинают сверление. При сверлении глубоких отверстий спиральным сверлом следует периодически, не останавливая станка, выводить сверло из отверстия и удалять стружку из канавок.

При сверлении необходимо охлаждать стальное сверло. Для этого достаточно окунать сверло малого диаметра в охлаждающую жидкость, когда его выводят из отверстия для освобождения от стружки. При сверлении отверстий большого диаметра охлаждающую жидкость подают в зону сверления.

Точность сверления можно повысить примерно на 50%, если сначала просверлить отверстие сверлом меньшего диаметра, а затем - сверлом требуемого диаметра. При втором сверлении давление подачи уменьшается на 70–80%.

В конце сверления сквозного отверстия во избежание поломки и заедания сверла следует выключить автоматическую подачу и вручную аккуратно закончить сверление. Прежде чем остановить станок, необходимо вывести сверло из отверстия.

**Сверление по сопрягаемой детали или по кондуктору.** По разметке сверлят отверстие только в одной детали. Затем через просверленные отверстия размечают и затем накернивают отверстия в другой сопрягаемой детали, как по шаблону, либо

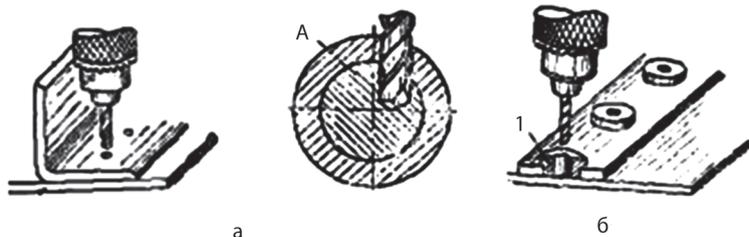


Рис. 5.26. Сверление отверстий по шаблону (а) и по кондуктору (б)

непосредственно просверливают отверстия в другой сопрягаемой детали.

Если необходимо просверлить в цилиндрической детали отверстие, смещенное относительно центра детали, то предварительно во втулке, которая плотно сидит на валу, сверлят смещенное на нужную величину  $A$  отверстие (рис. 5.26, а). Затем в нужном положении закрепляют вал со втулкой и через предварительно подготовленное отверстие во втулке, как по шаблону, производят сверление отверстия в валу.

В кондукторе (рис. 5.26, б) заранее расточены отверстия точно на таком расстоянии, на каком они должны быть расположены в детали. В эти отверстия кондуктора вставлены стальные закаленные кондукторные втулки 1 с внутренним диаметром, равным диаметру сверла.

После наложения (закрепления) кондуктора на детали сверло пропускают последовательно через каждую кондукторную втулку и сверлят отверстия.

Этот способ обеспечивает более полное совпадение осей отверстий, чем при разметке.

**Зенкерованием** обрабатывают отверстия, предварительно штампованные, литые или просверленные (рис. 5.27, а). Припуск под зенкерование (после сверления) равен 0,5–3 мм на сторону. Зенкеры выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, вида обрабатываемого отверстия (сквозное, ступенчатое, глухое), диаметра отверстия и заданной точности. Отверстие, обработанное зенкером, получается более точным, чем обработанное сверлом. Зенкер имеет три и более режущие кромки, он прочнее сверла, поэтому сечение

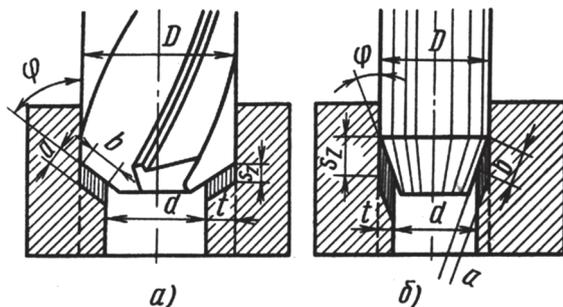


Рис. 5.27. Элементы резания при зенкеровании (а) и развертывании (б): а и б - толщина и ширина среза, S - подача, t - глубина резания

стружки при зенкеровании получается тоньше, а подача в 2,5–3 раза больше, чем при сверлении. Зенкерование может быть как предварительным (перед развертыванием), так и окончательным. Зенкерование применяют также для обработки углублений и торцовых поверхностей.

Для уменьшения увода зенкера от оси отверстия (особенно при обработке литых или штампованных глубоких отверстий) предварительно его растачивают (резцом) до диаметра, равного диаметру зенкера на глубину, примерно равную половине длины рабочей части зенкера.

Для обработки высокопрочных материалов ( $\sigma_b > 750$  МПа) применяют зенкеры, оснащенные пластинками из твердого сплава. При работе твердосплавными зенкерами скорость резания в 2–3 раза больше, чем зенкерами из быстрорежущей стали. При обработке материалов высокой прочности и отливок по корке скорость резания твердосплавных зенкеров следует уменьшать на 20–30%.

**Развертывание** применяют в тех случаях, когда необходимо получить точность и качество поверхности выше, чем это может быть достигнуто зенкером. Развертка имеет больше режущих кромок, чем зенкер, поэтому при развертывании уменьшается сечение стружки и повышается точность отверстия. Отверстия диаметром до 10 мм развертывают после сверления, отверстия большего диаметра перед развертыванием обрабатывают, а торец подрезают. Припуск под развертывание равен 0,15–0,5 мм для черновых разверток и 0,05–0,25 мм для чистовых разверток (рис. 5.27, б).

При работе чистовыми развертками на токарных станках применяют качающиеся оправки, которые компенсируют несопадение оси отверстия с осью развертки. Чтобы обеспечить высокое качество обработки, сверление, зенкерование (или растачивание) и развертывание отверстий производят за одну установку заготовки на станке. Подача при развертывании стальных деталей равна 0,5–2 мм/об, чугунных - 1–4 мм/об. Скорость резания при развертывании 6–16 м/мин. Чем больше диаметр обрабатываемого отверстия, тем меньше должна быть скорость резания при одинаковой подаче; при увеличении подачи скорость резания снижают.

## 5.4. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Резьбовые соединения очень широко применяют в машиностроении, поэтому инструмент для изготовления резьб является одним из самых распространенных. Резьбы различают: по расположению витков - наружные и внутренние; по направлению винтовой линии - правые и левые; по форме профиля канавки - треугольные, трапецеидальные, прямоугольные, упорные и специальные; по направлению образующей - цилиндрические и конические; по системе размеров - метрические и дюймовые.

В зависимости от размеров резьбы, типа производства и конструкции деталей используют разные виды резьборезущего инструмента: резьбовые резцы (стержневые и фасонные однониточные и многониточные); метчики (ручные, машинные, гаечные, станочные, инструментальные, маточные и т.д.); круглые плашки; резьбонарезные головки; резьбовые фрезы.

### 5.4.1. Инструмент для нарезания резьбы

Осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки внутренней резьбы называется метчиком, наружной - плашкой.

**Ручные метчики** применяют для нарезания внутренней резьбы.

Рабочая часть метчика длиной  $\ell$  разделяется на режущую (заборную) и направляющую (калибрующую) части длинами соответственно  $\ell_1$  и  $\ell_2$  (рис. 5.28, а). Резцы режущей части имеют главные кромки, расположенные на конической поверхности, и вспомогательные кромки, являющиеся частью резьбового профиля (рис. 5.28, б). Направляющая часть служит для направления метчика и самоподачи путем ввинчивания, а также является резервом при переточках. Угол конуса режущей части зависит от угла в плане  $\phi$ , который назначается равным  $5^\circ$  - для ручных,  $3^\circ 30'$  - для гаечных и  $6^\circ 30'$  - для машинных метчиков. Направляющая часть имеет обратную конусность для уменьшения трения и устранения опасного заклинивания метчика в отверстии.

Длину заборной части метчика принимают для черного метчика равной  $45 S$ , для среднего -  $2,55 S$  и для чистового -  $(1,5-$

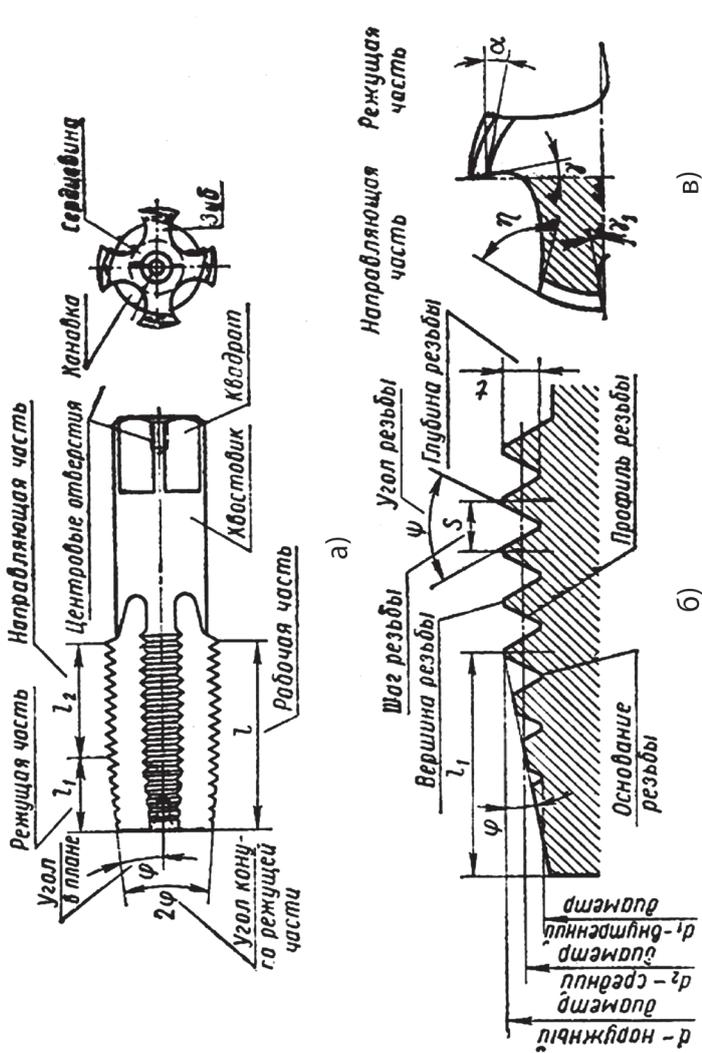


Рис. 5.28. Конструктивные элементы (а), профиль резьбы (б) и геометрические параметры (в) метчика

2,0) S, где S - шаг нарезаемой резьбы. **Машинные метчики** изготавливают с коротким заборным конусом, равным (1,5–2) S.

Передние углы метчиков выбирают в зависимости от обрабатываемого материала по следующим данным:

- для стали мягкой  $\gamma = 12-15^\circ$ ;
- стали средней твердости  $\gamma = 8-10^\circ$ ;
- стали твердой  $\gamma = 5^\circ$ ;
- чугуна и бронзы  $\gamma = 0-5^\circ$ ;
- легких сплавов  $\gamma = 25-30^\circ$  (рис. 5.28, в).

Хвостовая часть метчика предназначена для закрепления его в воротке или патроне и для передачи крутящего момента.

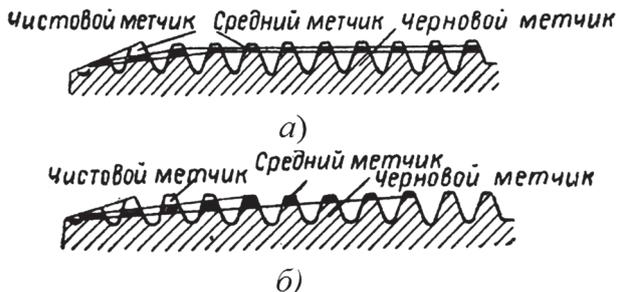
Ручные метчики выпускаются комплектами. В комплект входят три метчика, которые делят по назначению на черновой, средний и чистовой. Черновой нарезает резьбу, снимая при этом до 60% металла; средний дает более точную резьбу, снимая до 30% металла; третий (чистовой) метчик производит окончательное нарезание и калибровку резьбы, снимая до 10% металла.

Для нарезания трубных и мелких метрических резьб используют комплект из двух метчиков.

Метчики в комплекте отличаются друг от друга профилем резьбы и длиной заборной части.

По конструкции режущей части различают два типа метчиков - цилиндрические и конические (рис. 5.29; а, б).

При *цилиндрической конструкции метчиков* все три инструмента комплекта имеют разные диаметры. У чистового метчика полный профиль резьбы. Диаметр среднего метчика меньше нормального на 0,6 глубины нарезки, а диаметр черного меньше диаметра резьбы на полную глубину нарезки.



**Рис. 5.29. Образование режущей поверхности в комплекте метчиков:**  
а - цилиндрической конструкции, б - конической конструкции

Длину заборной части, учитывая распределение работы по нарезанию резьбы между тремя метчиками комплекта, устанавливают в соотношении 4:2:1. Таким образом, у чернового метчика длина заборной части равна 6–7 ниткам, у среднего - 3–3,5 и у чистового - 1,5–2 ниткам.

Цилиндрическая конструкция метчика обеспечивает срезание вершинами зубьев стружки в виде широких площадок.

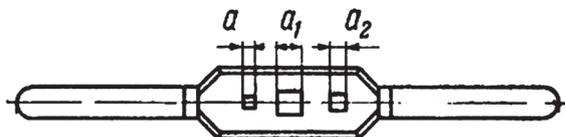
При конической конструкции метчиков все три инструмента комплекта имеют одинаковый диаметр и полный профиль резьбы с различной длиной заборных частей.

Резьба в пределах заборной части делается конической и дополнительно срезается по вершинам зубьев на конус.

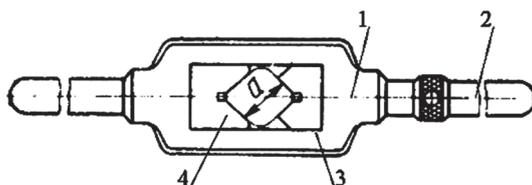
У конических метчиков заборная часть равна: у чернового метчика – всей длине рабочей части, у среднего – половине этой длины, у чистового – двум ниткам.

Конические метчики применяются обычно при нарезании сквозных отверстий. Глухие отверстия нарезаются цилиндрическими метчиками.

Задняя (затылочная) поверхность (рис. 5.28, в) режущих зубьев затылуется по спирали, что позволяет сохранять постоянный профиль зубьев после их переточек.



**Рис. 5.30. Двухсторонний вороток:**  
а, а<sub>1</sub>, а<sub>2</sub> - отверстия под хвостовики метчиков



**Рис. 5.31. Универсальный вороток:**  
а - отверстие под хвостовик метчика

**Воротки и клуппы.** Нарезание резьбы ручными метчиками осуществляется с помощью воротков, которые надеваются на квадратные концы хвостовиков.

Наиболее распространенными являются простые *двухсторонние воротки* (рис. 5.30).

*Универсальные воротки* (рис. 5.31) представляют собой рамку 1 с двумя сухарями - подвижным 3 и неподвижным 4, образующими квадратное отверстие. Одна из рукояток 2 заканчивается винтом для зажима квадрата метчика.

Другое исполнение универсального воротка приведено на рис. 5.32. Этот вороток позволяет работать с метчиками, размеры квадратов которых колеблются от 5x5 до 25x25 мм.

**Круглые плашки** используют для нарезания крепежных резьб на болтах, винтах и шпильках при работе вручную и на станках (револьверных, автоматах и т.д.).

Круглая плашка на каждом зубе 2 (рис. 5.33, а) имеет заднюю 1 и переднюю 5 поверхности, спинку зуба 3 и режущую кромку 6, образуемую стружечным отверстием 4. Круглая плашка имеет режущую и направляющую части длинами соответственно  $l_1$  и  $l_2$  (рис. 5.33, б). Длина режущей части равна полутора ниткам резьбы, а толщина плашки - семи-восьми ниткам.

Передние углы принимают для твердых обрабатываемых материалов  $\gamma = 10-12^\circ$ ; для материалов средней твердости  $\gamma = 15-20^\circ$ ; для мягких материалов  $\gamma = 22-50^\circ$ .

Плашки применяют (рис. 5.34) цельные (а), разрезные (б) и раздвижные.

Круглые и раздвижные плашки при ручном нарезании устанавливаются в специальных воротках и клуппах.

Воротки для круглых плашек выполнены рамкой, в отверстие которой помещается плашка (рис. 5.35).

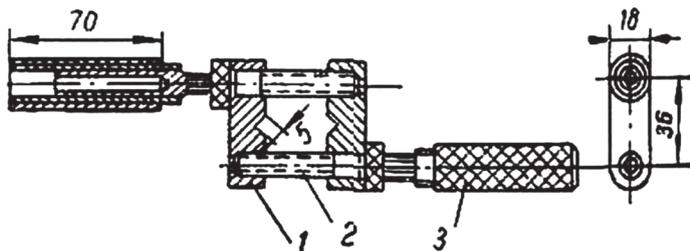


Рис. 5.32. Универсальный вороток

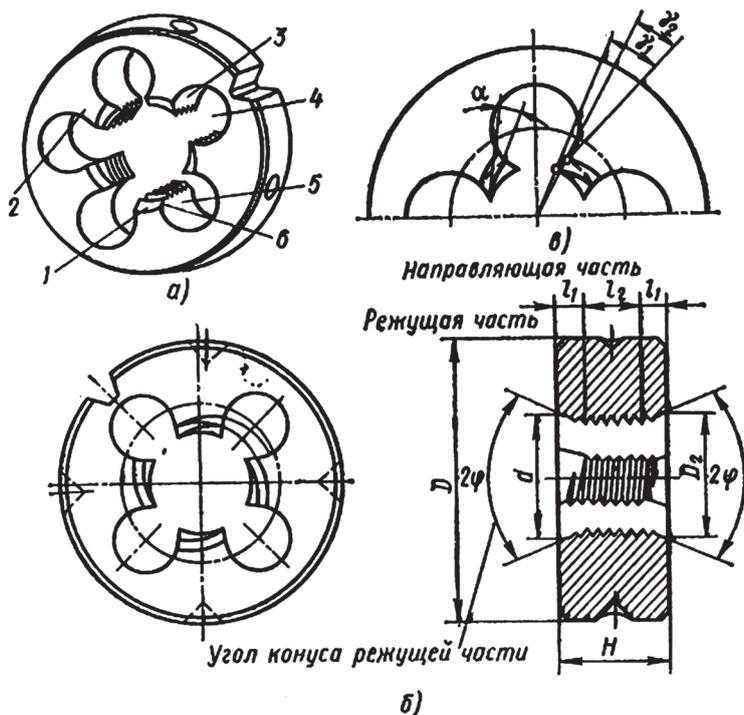


Рис. 5.33. Конструктивные элементы (а), основные части (б) и формы стружечных отверстий (в) круглой плашки

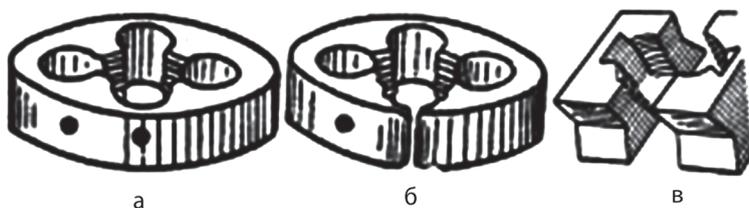


Рис. 5.34. Плашки

Удерживается плашка от провертывания тремя стопорными винтами (1, 2 и 3), конические концы которых входят в углубления на боковой поверхности плашки. Четвертый винт входит в разрез регулируемой плашки и фиксирует правильный размер резьбы.

**Клуппы для раздвижных плашек** (рис. 5.36, а) представляют собой косую рамку с двумя рукоятками. В центральном отверстии рамки с размерами А и С устанавливаются и центрируются раздвижные плашки. Установка раздвижных плашек на требуемый размер осуществляется с помощью нажимного винта 1, действующего на подвижную часть раздвижной плашки.

**Клуппы для нарезания резьбы на трубах** отличаются от обычных тем, что в прорези обоймы клуппа входят четыре стальные гребенки 2 (рис. 5.36, б).

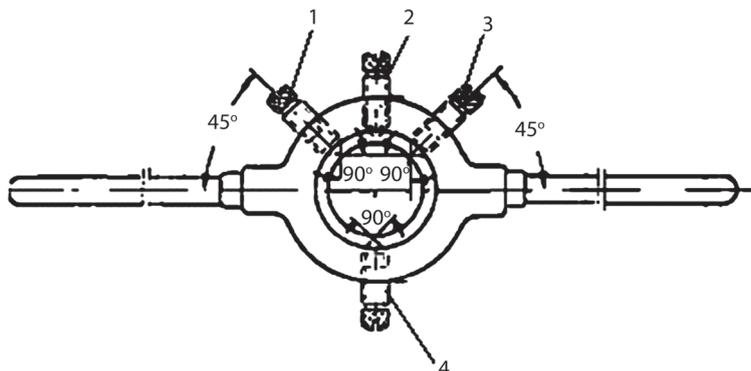


Рис. 5.35. Вороток для круглой плашки

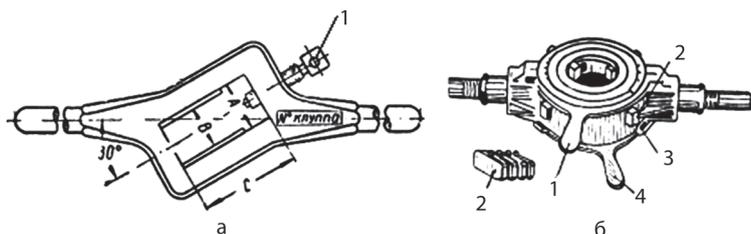


Рис. 5.36. Клуппы:

а - для раздвижных плашек; б - для нарезания резьбы на трубах

Повертыванием верхней рукоятки 1 можно сближать или раздвигать гребенки и благодаря этому применять один и тот же клупп для нарезания резьбы на трубах различных диаметров. Трубный клупп снабжается направляющими 3, которые регулируются так же, как и плашки, нижней рукояткой 4. Этим обеспечивается правильное положение клуппа на трубе при нарезании резьбы.

#### 5.4.2. Технология и приемы нарезания резьбы вручную

При нарезании резьбы метчиками и плашками часть металла не удаляется вместе со стружкой, а выдавливается вдоль режущих граней инструмента, образуя профиль резьбы на детали. С учетом этого диаметры отверстий и стержней под резьбу должны изготавливаться не по номинальному размеру резьбы, а несколько ниже его. Для метрической резьбы диаметром 6–10 мм эта разница составляет 0,1–0,2 мм; диаметром 11–18 мм – 0,12–0,24 мм; диаметром 20–30 мм – 0,14–0,28 мм.

Диаметры отверстий под наиболее распространенные размеры метрической резьбы приведены в табл. 5.3.

Для образования захода резьбы на торце детали необходимо снять фаску, соответственно высоте профиля резьбы.

Смазанный смазкой метчик вставляют в просверленное отверстие и, слегка прижимая его к детали левой рукой, осторожно поворачивают вороток правой рукой до тех пор, пока метчик не захватит металл и его положение в отверстии не станет устойчивым. После этого вороток берут двумя руками и вращают с перехватом рук через каждые пол-оборота (рис. 5.37, а).

После одного-полутора оборотов метчик, покачивая в горизонтальной плоскости, вращают в обратную сторону примерно на четверть или пол-оборота. Это необходимо для того, чтобы стружка сломалась и по канавкам метчика удалилась из

Т а б л и ц а 5.3

#### Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы

Материал	Диаметр метрической резьбы, мм							
	5	6	8	10	12	16	20	24
Сталь и латунь	4,2	5,0	6,7	8,4	10,1	13,8	17,3	20,7
Чугун и бронза	4,1	4,9	6,6	8,3	10,0	13,7	17,1	20,5

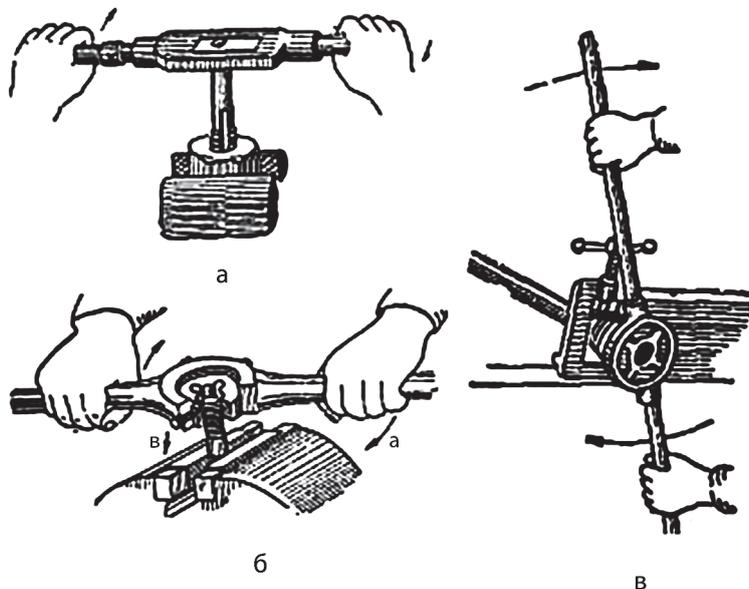
отверстия, не заклинив метчик. Закончив нарезание, пропускают его насквозь или вращением воротка в обратную сторону вывертывают метчик из отверстия.

Второй и третий метчики смазывают маслом и вводят в отверстие без воротка; только после того, как метчик правильно установится по резьбе, накладывают вороток и продолжают нарезание резьбы.

Таким же образом следует вести нарезание резьбы плашками. Здесь, однако, кроме круговых движений по стрелке *а* (рис. 5.37, б), воротку следует сообщать также некоторый нажим вниз по стрелке *в*. В процессе нарезания необходимо следить, чтобы давление на обе ручки было одинаковым.

На первом этапе нарезания резьбы следует следить за правильным положением метчика и плашки по отношению к осям отверстия и стержня. Непараллельность осей и неперпендикулярность их к торцу детали контролируются угольником и устраняются изменением положения инструмента.

Нарезать резьбу в мелких и глухих отверстиях небольшого



**Рис. 5.37. Движения при нарезании резьбы:**  
а - метчиком, б - плашкой, в - клуппом

диаметра нужно особенно осторожно, не перегружая метчик и часто очищая его от стружки.

При нарезании резьбы в глубоких отверстиях следует вывертывать метчик из отверстия для прочистки (2–3 раза).

Если необходимости получить точные и чистые резьбы на стержнях, то их нарезание следует выполнять черновой и чистой плашками.

Если нарезание резьбы выполняется клуппами с раздвижными плашками, то их сжатие (подачу) следует производить только в начале прохода. После каждого прохода по всей длине нарезаемого стержня клупп сгоняют в обратную сторону и затем вновь поджимают плашки винтом и вновь прорезают резьбу по всей длине нарезаемого стержня до получения нужного диаметра резьбы. Поджимать плашки на середине стержня не следует. Раздвижными плашками резьбу нарезают за несколько проходов.

Для нарезания трубной резьбы клуппом трубу необходимо надежно закрепить в специальном зажиме для труб (рис. 5.37, в).

Нарезаемый конец трубы смазывают маслом (олифой), а затем на длине не более 2–3 ниток устанавливают клупп, сближая плашки с таким расчетом, чтобы резьба была нарезана на полную глубину в 2–3 прохода. Для диаметров до 1" ограничиваются двумя проходами; при диаметре свыше 1" хорошую резьбу можно получить только за 3–4 прохода. Перед каждым повторным проходом поверхность нарезаемой резьбы и резьбу плашек необходимо тщательно очищать кистью от стружки и вновь смазывать маслом.

Вращение клуппа вокруг трубы обычно производят качательным движением в четыре приема; за каждый прием нужно повернуть клупп на  $\frac{1}{4}$  оборота.

Резьбу диаметром до  $1\frac{1}{2}$ " нарезает один слесарь; при больших диаметрах резьбы работают вдвоем. При спаренной работе полный оборот клуппа также нужно делать в четыре приема.

## **5.5. РАСПИЛИВАНИЕ**

Распиливанием называют обработку отверстий опилованием с целью придания им определенной формы и размеров.

Круглые и овальные отверстия распиливают круглыми, по-

лукруглыми и овальными напильниками; трехгранные отверстия - трехгранными, ножовочными и ромбовидными; квадратные отверстия - квадратными; прямоугольные отверстия - квадратными и плоскими. Чтобы не повредить боковых стенок распиливаемого отверстия, сечение напильника по боковым граням должно быть меньше размера отверстия. Пример выбора напильника и последовательности операций при выпиливании окна в металлическом бруске приведен на рис. 5.38.

Для распиливания отверстий в деталях с узкими, плоскими и прямолинейными поверхностями применяют наметки, рамки и параллели.

Главными видами брака при распиливании отверстий являются несоответствие размеров распиленных отверстий указанным на чертеже, недостаточная чистота обработанных поверхностей, повреждение наружных поверхностей тисками при работе без нагубников, слишком большие фаски на ребрах и т.п.

### 5.6. ПРАВКА

Детали и заготовки из полосового, пруткового или листового материала могут быть погнутыми, кривыми, покоробленными или иметь выпучивания, волнистость и т.п.

Слесарная операция, называемая правкой, позволяет придавать заготовкам или деталям правильную геометрическую форму, в соответствии с требованиями чертежей или функциональным назначением.

Правку деталей и заготовок производят в холодном или в нагретом состоянии. В последнем случае допускается сталь-

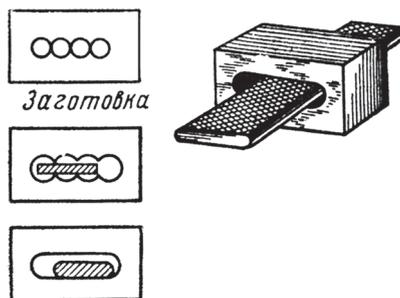


Рис. 5.38. Последовательность операций при выпиливании окна

ные заготовки и детали нагревать до температуры 1100–850° С, а дюралюминиевые - до 470–350° С.

Правка металла может быть ручной и машинной (на правильных валках, прессах и всякого рода приспособлениях).

При выборе способа правки учитывают характер материала, размер детали (заготовки) и величину прогиба.

### 5.6.1. Оснастка для правки

Ручная правка листового металла и заготовок из него производится молотками на правильных плитах и специальных рихтовальных бабках.

**Правильные плиты** (рис 5.39, а) могут быть из серого чугуна сплошной конструкции или с ребрами или стальными (рис. 5.39, б).

Рабочая поверхность плиты должна быть ровной и чистой. Плита должна быть массивной, тяжелой и достаточно устойчивой, чтобы при ударах молотка не было никаких сотрясений.

Плиты устанавливают на металлических или деревянных подставках, которые могут обеспечить кроме устойчивости и необходимую горизонтальность.

Вокруг плиты должно быть достаточно места, чтобы можно было свободно работать.

**Рихтовальные бабки** (рис 5.40, а) изготавливают из стали с термической обработкой. Рабочая поверхность бабки может быть цилиндрической или сферической радиусом 150–200 мм. В качестве рихтовальной бабки для правки хорошо себя зарекомендовал рельс длиной 0,5–1 м. Рельс обладает хорошей устойчивостью, мало подвижен при ударах молотка, не оставляет следов от молотка, не деформируется и удобен для перемещения по плите.

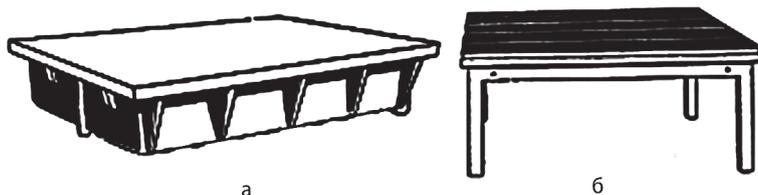


Рис 5.39. Правильная плита:  
а - чугунная; б - стальная

При ручной правке лучше использовать молотки с круглым, а не квадратным бойком, так как углами квадратного бойка можно повредить поверхность выпрямляемого листа. Молоток для правки должен обладать гладкой и хорошо отшлифованной поверхностью бойка (рис 5.40, б).

Для правки деталей с окончательно обработанной поверхностью, а также тонких стальных изделий или заготовок из цветных металлов и сплавов применяют молотки из мягких материалов - медные, латунные, свинцовые, деревянные.

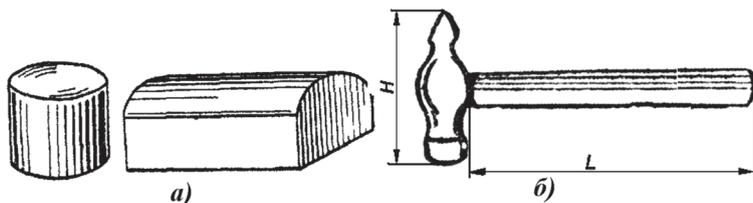
При правке особо тонкого металла пользуются металлическими и деревянными брусками - гладилками.

Правку деталей с обработанной поверхностью стальным молотком следует проводить, используя прокладку из мягкого металла.

Для правки тонкого листового и полосового металла служат также металлические и деревянные гладилки и бруски.

### 5.6.2. Основные приемы правки металла вручную

Поступающие на слесарную обработку заготовки могут быть деформированы и нуждаются в правке, иногда говорят, в рихтовке. Заготовка из листового проката может быть деформирована во время погрузочных работ и транспортировки или деформация может возникнуть в результате остаточных напряжений после механической или термической обработки и др. Волнистая поверхность заготовки из листа может образоваться в результате наличия сжатых волокон, остаточных напряжений на одной из поверхностей листа, что определяет направление вогнутости; изгиб по длине в плоскости; изгиб



**Рис. 5.40. Инструмент для правки металла:**  
а - рихтовальные бабки; б - молоток

на ребро свидетельствует о том, что край заготовки, куда направлена изогнутость, сжат или деформирован больше противоположного; если у заготовки деформация в виде спирали, то это свидетельствует о том, что у заготовки края более вытянуты, чем осевая линия, и т.д.

Выяснить причину деформации заготовки необходимо для принятия решения о методе ее правки, рихтовки.

Правка полосового материала по плоскости производится в следующей последовательности. Искривленную полосу кладут на плиту и, придерживая ее левой рукой, по выпуклым местам полосы наносят удары молотком, при этом удары наносят сначала по краям выпуклости широкой стороны и постепенно приближаются к середине выпуклости, поворачивая по мере необходимости полосу с одной стороны на другую. Сила удара регулируется в зависимости от размеров полосы и степени искривления.

Молоток при правке держат за конец рукоятки, несильно зажимая ее в руке. При ударе молоток нужно опускать на лист вертикально всей площадью бойка. В момент удара молоток будет обязательно отскакивать. Этим движением следует научиться управлять так, чтобы отскакивание молотка от листа вверх было направлено по вертикали к плите.

Результаты правки (прямолинейность заготовки) оценивают на глаз или же на правильной плите с помощью линейки.

Выправив широкую сторону заготовки, приступают к правке ребер. После одного-двух ударов полосу поворачивают с одного ребра на другое.

При правке полосы, изогнутой на ребро, удары наносят по широкой плоскости. Прижав левой рукой полосу к плите, наносят удары молотком по всей длине полосы, постепенно переходя от нижней кромки к верхней. На рис. 5.41 указана стрелками схема направлений и последовательности ударов при правке изогнутости заготовки на ребро.

У нижней кромки наносят сильные удары, а по мере приближения к верхней силу ударов уменьшают, но увеличивают их частоту. При таком способе правки нижняя кромка постепенно вытягивается больше, чем верхняя, и полоса выравнивается. Правку прекращают, когда верхняя и нижняя кромки становятся прямолинейными.

Правку изогнутого листа, имеющего поперечные волны - волнистость, выполняют на правильной плите, придерживая

его одной рукой, а другой - наносят легкие удары молотком по выступающим частям листа вдоль поперечных волн. Сначала правят лист с одной стороны, а затем его переворачивают и правят с другой стороны.

При наличии выпуклости в середине заготовки ее кладут на плиту и выпуклости обводят мелом. Затем наносят частые удары молотком от края листа по направлению к выпуклости. По мере приближения к выпуклости удары молотком следует делать чаще и слабее. Если на заготовке имеется волнистость по краям, то удары молотком наносят по направлению от середины заготовки к ее краям.

После устранения выпуклостей и волнистости лист переворачивают и легкими ударами молотка окончательно восстанавливают его прямолинейность.

В процессе правки нужно следить за тем, чтобы на поверхности листа не оставались следы от ударов молотком. Эту работу удобно выполнять, перемещая заготовку вдоль рихтовальной бабки или по поверхности рельса, на котором производится правка.

При правке тонкого листового материала пользуются легкими деревянными, медными, латунными или свинцовыми молотками. Приемы правки такие же, как и стальными молотками.

Правку весьма тонкого листового материала осуществляют на чистой, ровной (без забоин и других неровностей) поверхности скольжением без особой нагрузки металлических или деревянных брусков-гладилок, имеющих ровную и гладкую поверхность. При правке лист периодически переворачивают.

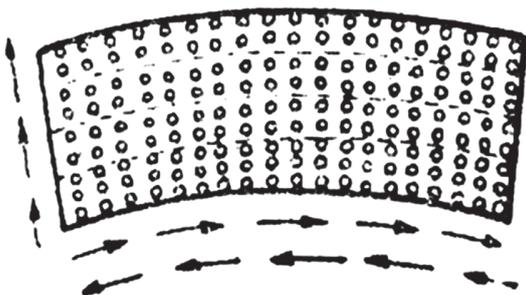


Рис. 5.41. Схема правки изогнутости заготовки на ребро

### 5.6.3. Правка листового металла на вальцах

Для правки деталей из листового металла могут быть также использованы вальцы.

В ручных вальцах правят обычно заготовки из листа толщиной до 3 мм. Валки 1 и 3 расположены один над другим (рис. 5.42), и в зависимости от толщины заготовки 2 их можно удалять друг от друга или сближать между собой. Также может быть поднят или опущен расположенный сзади третий валок 4. Валки должны быть отрегулированы так, чтобы они не были сильно прижаты друг к другу.

Заготовку (лист или полосу) устанавливают между двумя передними валками и, вращая рукоятку по часовой стрелке, пропускают между валками.

Часто для полного устранения выпуклостей и вмятин заготовки приходится пропускать между валками несколько раз. Заготовки толщиной 3–6 мм правят на вальцах с электроприводом.

### 5.6.4. Правка закаленных деталей

Закаленные детали выправляют носиком молотка (рис. 5.43). Деталь при этом лучше располагать не на плоской плите, а на рихтовальной бабке, имеющей гладкую поверхность. Удары при правке наносят не по выпуклой, а по вогнутой стороне детали.

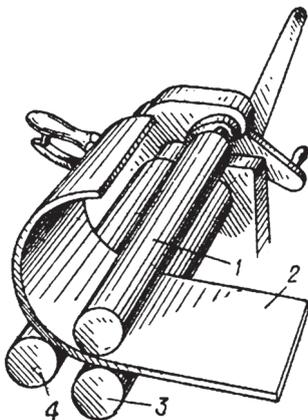


Рис. 5.42. Схема работы ручных вальцов

При правке закаленную полосу (линейку и пр.) кладут на рихтовальную бабку выпуклостью вниз, носиком молотка наносят не сильные, но частые удары по впадине, начиная с ее середины и постепенно переходя к краям; затем, перехватив левой рукой деталь за второй конец, производят правку другой ее части. В процессе правки периодически проверяют стрелу прогиба детали.

Удары молотком должны быть не сильными, чтобы не сломать деталь.

### 5.6.5. Правка прутков и валов

Короткие прутки диаметром до 12 мм правят на рихтовальной бабке в виде бруска или рельса на правильной плите, нанося молотком удары по выпуклостям и искривленным местам. Искривления малого радиуса правят поперек бруска, а большего - вдоль, добиваясь уменьшения кривизны. В положении равновесия прутки на бруске в свободном состоянии наружной поверхностью будут указывать на выпуклость. После устранения заметных выпуклостей добиваются прямолинейности прутка правкой на плите, нанося легкие удары по всей его длине и одновременно поворачивая его левой рукой. Выпрямленный пруток свободно перекачивается по поверхности правильной плиты.

Правка прутков и валов диаметром свыше 12 до 30 мм осуществляется на призмах и ручных прессах. Перед правкой при перекачивании прутка по плите отмечают мелом выпуклые ме-

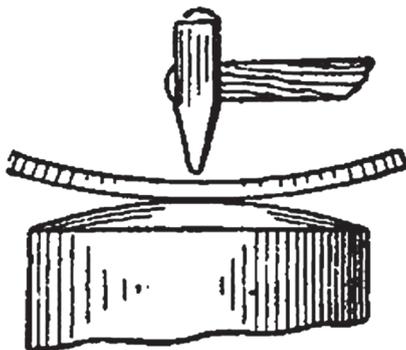


Рис. 5.43. Правка закаленных деталей

ста, которые отрываются от плиты. При ручной правке пруток устанавливают на призмы выпуклым местом вверх так, чтобы призмы отстояли от отметки на расстоянии 50-100 мм и наносят удары по выпуклому месту молотком со вставками из мягкого металла (меди, свинца). Если правку производят стальным молотком, то применяют подкладки из мягких металлов. Стрелу прогиба контролируют при перекачивании прутка по плите.

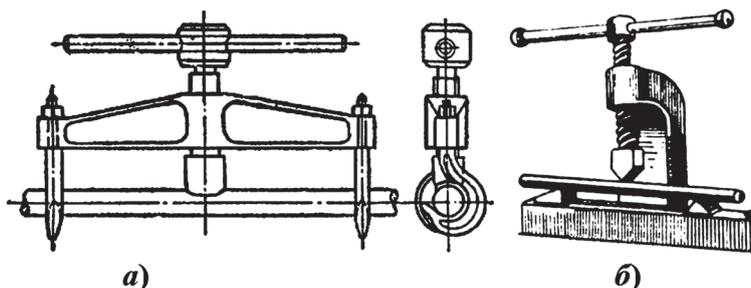
На ручных прессах (рис. 5.44) производят правку валов с контролем величины прогиба. При правке валов производят проверку и исправление центровых гнезд.

После этого вал ставят в центре приспособления для измерения величины (стрелы) прогиба. Значение стрелы прогиба определяют как половину величины биения вала, показываемого индикатором.

Для правки вал 4 (рис. 5.45) ставят на призмы или опоры 5 винтового или гидравлического пресса выпуклой стороной кверху и перегибают нажимом винта или штока 3 пресса через мягкую прокладку 2 так, чтобы обратная стрела прогиба  $f_1$  была в 10-15 раз больше того прогиба  $f$ , который имел вал до правки. Точность правки контролируют индикатором 1.

Распространен также метод двойной правки валов, применение которого значительно увеличивает сопротивляемость выправленного вала повторным деформациям. Двойную правку выполняют следующим образом.

Подлежащий правке вал устанавливают на призмах (рис. 5.46) выпуклостью вверх и плавно нажимают на него винтом или штоком пресса. Усилие нажима должно быть таким, чтобы вал после этого остался прогнутым в обратную сторону на



**Рис. 5.44. Оборудование для правки деталей типа валов:**  
а - скоба-пресс; б - ручной винтовой пресс

ту же величину. Затем указанная операция повторяется, но уже с таким усилием нажима, чтобы вал оказался выправленным.

Для повышения устойчивости формы детали и снятия внутренних напряжений, возникающих в результате правки, производят отпуск при 400–450° С в течение 0,5–1 ч. Продолжительность нагрева устанавливается в зависимости от размеров детали.

Часто для этой цели при холодной правке валов, тяг и других деталей применяют наклеп вогнутой поверхности в положении, при котором выпрямляемая деталь прогнута винтом или штоком прессы в направлении, обратном изгибу. Легкие удары молотком по выпуклой стороне детали через медную прокладку вызывают растяжение волокон на этой стороне вала. После небольшой выдержки усилие от прогиба винтом или штоком прессы снимают и вал подвергают проверке.

Правка наклепом может производиться также следующим образом. Изогнутый вал укладывают на жесткую ровную плиту прогибом вниз (рис. 5.47). Затем молотком наносят частые легкие удары по поверхности вала до устранения просвета между его поверхностью и плитой.

После этого вал проверяют на биение индикатором или рейсмусом. Термическая обработка вала после правки не требуется.

Наклепом чаще всего правят валы, имеющие шпоночный

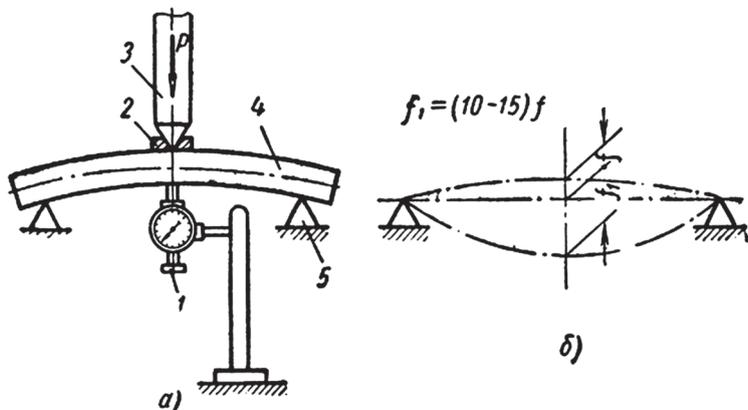


Рис. 5.45. Схемы холодной правки вала:

- а - монтажная; б - расчетная; 1 - индикатор; 2 - прокладка;  
3 - шток прессы; 4 - вал; 5 - опора

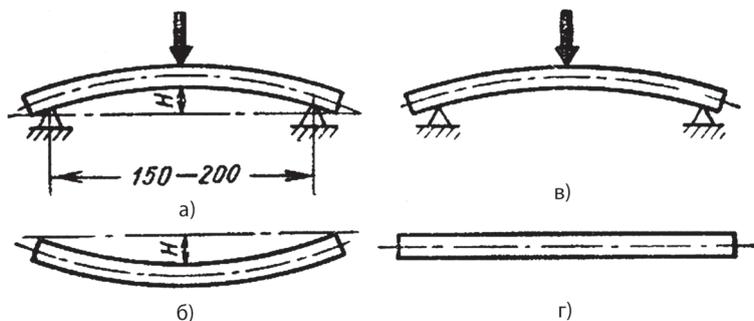
паз по всей длине. Если такой вал выгнут в сторону шпоночного паза, то его проще всего выправить путем наклепа dna шпоночного паза в наиболее вогнутой точке. Наклеп производят нанесением легких ударов молотком по закаленной пластинке, которую постепенно перемещают по дну паза.

Стальные детали при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$  править холодным способом не следует, так как это может привести к их поломке.

Правку горячим способом при ремонте применяют реже, так как этой операции обычно приходится подвергать полностью обработанные детали, подогрев которых может вызвать окисление поверхности и деформацию детали.

При невозможности выправить деталь в холодном состоянии ее подогревают до температурыковки. Править при температуре  $150\text{--}450^{\circ}\text{C}$  не рекомендуется; в этом интервале температур в стальной детали могут образоваться трещины.

Горячий способ относительно чаще применяется для правки валов большого диаметра. Обычно при этом деталь подвергают местному нагреву пламенем газовой горелки при круговом вращении вала. Нагретый вал выправляют изгибанием домкратом, прессом или быстрым охлаждением небольшой площади на выпуклой стороне. В результате одностороннего охлаждения вал стремится перегнуться в противоположную сторону. Для проведения этого процесса нагретую поверхность быстро укрывают асбестом, оставляя открытым лишь место охлаждения. Вал располагают таким образом, чтобы охлажда-



**Рис. 5.46. Схема двойной правки вала:**

а - первая правка вала; б - форма вала после первой правки;  
в - вторая правка вала; г - вал после второй правки

емое место было обращено вниз, после чего снизу подают охлаждающую воду.

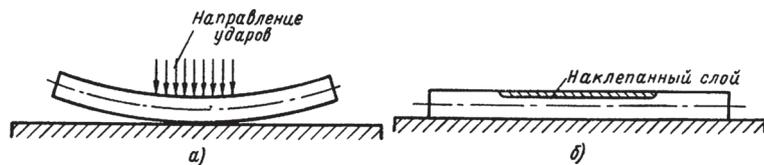
Для листового металла можно использовать также метод газопламенной правки. По этому методу на отмеченные места, подлежащие выпрямлению, направляют струю пламени газовой горелки, нагревая неровности до красно-вишневого цвета (600–700°С). Нагретый металл расширяется, а затем при остывании под влиянием сил сжатия выпрямляется. Этим методом, ускоряющим процесс правки, можно править также валы, оси, трубы, уголки.

### 5.7. ОБРУБКА МЕТАЛЛА

Обрубка металла - ручная слесарная операция. При обрубке обеспечивают точность обработки в пределах 0,25–0,5 мм. Ударным инструментом служат слесарные молотки, а режущим - зубила, крейцмейсели, канавочники.

Вес слесарного молотка определяют из условия: 30–40 г на 1 мм ширины лезвия зубила и 80 г на 1 мм ширины лезвия крейцмейселя.

В современных условиях к процессу обрубки металла прибегают лишь в тех случаях, когда заготовки по тем или иным причинам не удастся обработать на станках. При ремонтных работах обрубку применяют для удаления излишних наплавленных сваркой слоев металла на восстановленных деталях, при разделке трещин корпусных деталей под сварку, при изготовлении смазочных канавок, при вырубке прокладок, для удаления крепежа и др.



**Рис. 5.47. Правка вала наклепом:**  
а - момент правки; б - выправленный вал

### 5.7.1. Инструмент для обрубки

**Зубила и крейцмейсели** (рис. 5.48) обычно изготавливают из стали марки У7А и, как исключение, из сталей У7, У8 и У8А.

Режущая часть зубила представляет собой клин, образованный двумя гранями (рис. 5.49). Ширина лезвия зубила 5–25 мм. Твердость рабочей части зубила на длине (0,3–0,5 длины L) должна быть в пределах 52–57 HRC, а твердость ударной части на длине 15–25 мм – 32–40 HRC.

При рубке чугуна и бронзы применяют зубила и крейцмейсели с углом заострения  $\beta = 70^\circ$ , стали –  $60^\circ$ , латуни и меди –  $45^\circ$ , алюминия и цинка –  $35^\circ$ .

Для прорубания канавок в отверстиях используют специальные зубила, так называемые зубила-канавочники (рис. 5.48, в), которые изготавливают из стали У8А. Твердость рабочей части на длине 30 мм – 53–56 HRC.

За один проход при рубке следует снимать слой металла толщиной 1,5–2 мм. При рубке вязких металлов режущую кромку зубила следует периодически смачивать машинным маслом или мыльной эмульсией. При рубке широких плоскостей сначала надо прорубить канавки крейцмейселем, а затем рубить зубилом оставшийся между канавками металл.

### 5.7.2. Рабочий и вспомогательный инструмент общего назначения

**Молотки стальные.** Величина молотка определяется его массой (весом).

Для легких работ применяют молотки (H=80 мм) весом 100–200 г; для обычных работ и разных слесарных операций (H=100 мм) – 300–500 г; при ремонтных работах (120 мм) – 600–800 г (рис. 5.50).

Молотки с круглым бойком используют в тех случаях, когда требуется значительная сила или меткость удара. Молотки с квадратным бойком выбирают для более легких работ.

Молотки изготавливаются из сталей марок 50, 40Х или У7.

Рабочие части молотка закаливают и отпускают; твердость этих частей должна составлять 43–51 HRC. На молотках не должно быть трещин, пленок, волосовин, раковин и других пороков.

Длина рукоятки L зависит от массы (веса) молотка. Для легких молотков (до 200 г) она составляет 250–300 мм, а для мо-

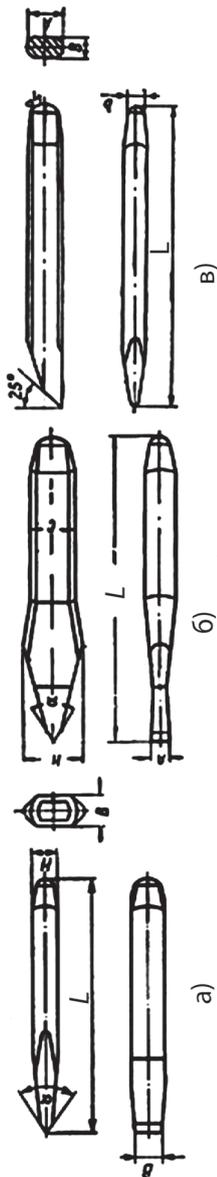


Рис. 5.48. Зубила (а), крестейсели (б) и зубила-канавочники (в)

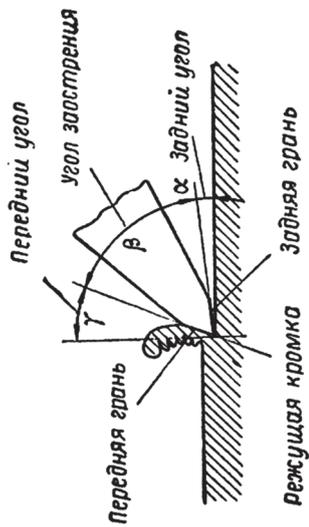


Рис. 5.49. Геометрия зубила

лотков среднего веса (400–600 г) средняя длина рукоятки принимается равной 350 мм. Рукоятка должна иметь овальное поперечное сечение с отношением большого и малого диаметров 1,5:1. Поверхность рукоятки должна быть гладкой и чистой.

После насадки молотка на рукоятку конец ее расклинивают деревянными или металлическими клиньями толщиной от 1 до 3 мм. На боковых сторонах металлических клиньев делают насечку (ерш), препятствующую выскакиванию клина из рукоятки. Клинья обычно ставят вдоль большой оси сечения рукоятки, реже - вдоль малой оси.

Материалом для рукояток молотков служат кизил, рябина, клен, граб, береза, т.е. породы деревьев, отличающиеся прочностью и упругостью. Влажность древесины не должна быть выше 12%. На рукоятках не должно быть сучков и трещин.

### 5.7.3. Основные приемы рубки

Для рубки надо выбирать возможно более прочные и тяжелые тиски (предпочтительно стуловые) с губками шириной не менее 145–150 мм, так как легкие тиски быстро приходят в негодность.

При рубке надо стоять у тисков устойчиво, вполборота к ним. Левую ногу выставляют на полшага вперед, а правую, которая служит главной опорой, слегка отставляют назад, раздвинув ступни ног под углом примерно 40°.

Зубило держат в левой руке за среднюю часть стержня несколько ближе к головке (рис. 5.51).

Сильно сжимать зубило в руке не следует. Рука не должна воспринимать удар от молотка. Она должна создавать направление для перемещения зубила, слегка прижимая его к поверхности металла. В момент удара зубило должно находиться в контакте с рабочей поверхностью.

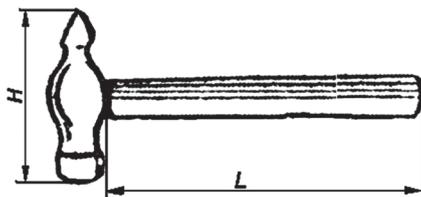


Рис. 5.50. Молоток

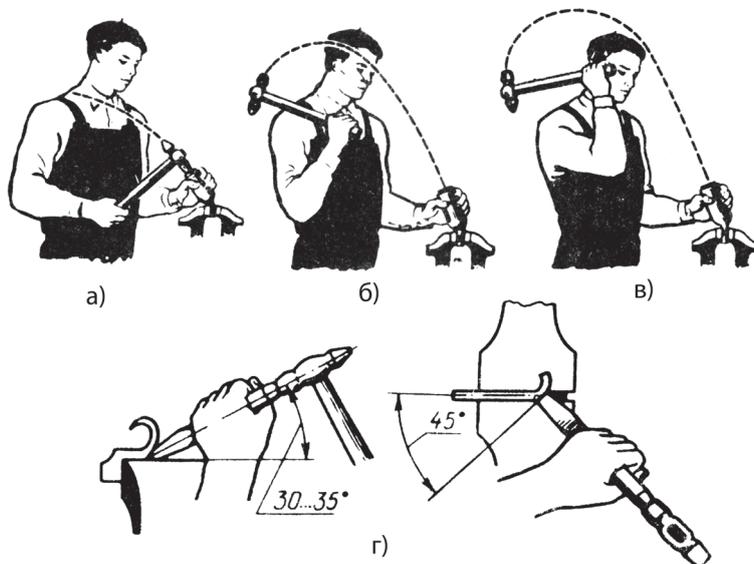
Молоток берут правой рукой за рукоятку на расстоянии 15–30 мм от ее конца. Рукоятку обхватывают четырьмя пальцами и прижимают к ладони, большой палец накладывают на указательный, а все пальцы крепко сжимают. Они остаются в таком положении как при замахе, так и при ударе.

При другом способе рубки в начале замаха, когда рука движется вверх, рукоятка молотка обхватывается всеми пальцами. В дальнейшем по мере подъема руки вверх мизинец, безымянный и средний пальцы постепенно разжимаются и поддерживают наклоненный назад молоток. Затем разжатые пальцы сжимают и ускоряют движение руки вниз. В результате получается сильный удар молотком.

Эффективность рубки зависит и от вида удара молотком. Различают удары кистевой, локтевой и плечевой.

При **кистевом ударе** молоток раскачивают только за счет изгиба кисти руки. Такой удар применяют при легкой работе: для снятия тонких стружек металла, удаления небольших неровностей.

При **локтевом ударе** рука изгибается в локте, поэтому удар получается более сильным. Локтевой удар используют при



**Рис. 5.51. Приемы рубки:**

а - кистевой; б - локтевой; в - плечевой; г - установка инструмента

обычной рубке, когда приходится снимать слой металла средней толщины или при прорубании различных пазов и канавок.

При **плечевом ударе** рука движется в плече, при этом получается большой замах и максимальной силы удар – удар с плеча. Плечевым ударом пользуются при рубке толстого металла и обработке больших плоскостей.

Удар молотка по зубилу должен быть метким, т.е. таким, при котором центр бойка молотка попадает в центр головки зубила (рис. 5.51), а рукоятка молотка образует прямой угол с зубилом.

Несоблюдение этого правила ослабляет силу удара и способствует косому удару, при котором молоток соскальзывает с зубила и может вызвать травму.

Угол установки зубила при рубке в тисках регулируют так, чтобы лезвие приходилось на линию снятия стружки, а продольная ось стержня зубила находилась под углом 30–35° к обрабатываемой поверхности заготовки и под углом 45° к продольной оси губок тисков.

Вес слесарного молотка выбирают в зависимости от размеров зубила и толщины снимаемой стружки (обычно толщина стружки составляет 1–2 мм) из расчета 40 г на 1 мм ширины лезвия зубила.

При работе крейцмейселем вес (массу) молотка принимают из расчета 80 г на 1 мм ширины лезвия.

При рубке вязких металлов лезвие зубила нужно смазывать машинным маслом или мыльной водой. При рубке чугуна и бронзы лезвие зубила не смазывают.

Следует учесть, что при рубке могут отлетать мелкие куски металла, может соскочить с ручки плохо насаженный молоток и даже зубило может слететь с обрубаемой детали и, промахнувшись, можно ударить молотком по руке. Поэтому необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- 1) рукоятка молотка должна быть хорошо закреплена и не иметь трещин;
- 2) при работе зубилом и крейцмейселем необходимо пользоваться защитными очками;
- 3) при рубке твердого и хрупкого металла необходимо устанавливать ограждения (сетки, щитки, ширмы и др.);
- 4) для предохранения рук от повреждений (при неудобных работах, а также в период обучения) на зубило следует надевать предохранительную резиновую шайбу, а на

кисть руки - предохранительный козырек;

5) зубило и крейцмейсель не должны иметь на ударной части трещин, забоин и заусенцев, так как при ударах могут отскочить куски металла и поранить незащищенные руки;

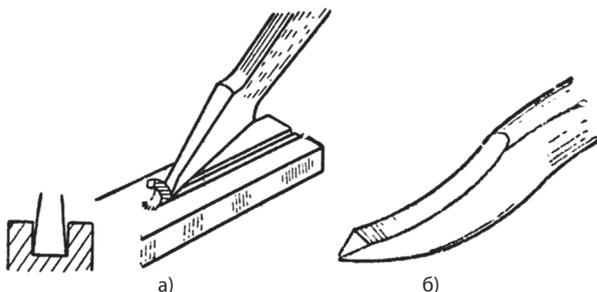
6) боек молотка должен быть без забоин, а поверхность его несколько выпуклой.

При обрубании плоскостей на боковых сторонах заготовки предварительно наносят разметочные риски, а на стороне, противоположной той, с которой начинают рубку, делают фаску (скос) по размеру снимаемого слоя металла.

Заготовку зажимают в тисках так, чтобы разметочная риска, по которой нужно рубить, была расположена выше уровня губок на 4–6 мм. Рубку выполняют в несколько проходов: первую зарубку толщины снимаемого слоя делают при горизонтальном положении зубила ( $\alpha=0^\circ$ ), а дальнейшую рубку производят уже при нормальной установке зубила.

При черновой рубке по разметочным рискам толщина стружки должна быть небольшой (не более 1,5–2 мм), а при чистой толщина снимаемого слоя составляет 0,5–0,7 мм.

При рубке широких поверхностей рекомендуется сначала прорубать крейцмейселем канавки, а затем зубилом срубить образовавшиеся на поверхности выступы. При таком способе рубки фаски (скосы) делаются на задней и на передней сторонах заготовки. При наличии скосов крейцмейсель хорошо забирает стружку и снимает ее ровным слоем на всей заготовке. На поверхности заготовки предварительно наносят также разметочные риски, указывающие расстояние между канавками. Промежутки между канавками должны быть равны 0,8



**Рис. 5.52. Инструмент для прорубания канавок:**  
а - крейцмейсель; б - канавочник

ширины режущей кромки зубила.

Толщина стружки при каждом проходе крейцмейселя берется от 0,5 до 1 мм, а при срубании выступов зубилом - до 2 мм.

При рубке чугуна, бронзы и других хрупких металлов зубило нельзя доводить до задней кромки заготовки, так как при этом край ее может выкрошиться. Недорубленные места нужно рубить с противоположной стороны, переустановив в тисках на 180° обрабатываемую заготовку.

Для вырубki фигурных заготовок из листового металла необходимо произвести его правку и нанести на лист металла разметку контура.

Отступив от разметочной риски на 2–3 мм, легкими ударами по зубилу пробивают контур. Затем рубят по контуру, нанося по зубилу сильные удары. После этого переворачивают лист и рубят зубилом по ясно обозначившемуся на противоположной стороне контуру. Вновь поворачивают заготовку первоначальной стороной и заканчивают рубку.

Для вырубki заготовок из листового металла лучше применять зубило не с прямолинейным, а с закругленным лезвием. Если рубить зубилом с прямым лезвием, то прорубаемая канавка получается неровной, ступенчатой.

Начинают рубить с установки наклоненного зубила на линию рубки так, чтобы лезвие было направлено вдоль разметочной риски. Затем зубилу придают вертикальное положение и наносят удар молотком по хвостовой части зубила. При перестановке зубила часть лезвия оставляют в прорубленной канавке.

При толщине листового металла свыше 8 мм вдоль разметочной риски контура детали на расстоянии немного большем половины диаметра сверла проводят риску, на которой наносят керны, по которым сверлят отверстия. Затем лист кладут на металлическую плиту из мягкой стали и рубят по разметочной риске контура детали.

При вырубке прямых канавок заготовку зажимают в тисках так, чтобы дно канавки было выше губок тисков на 2–3 мм. При обработке канавок, крейцмейсель необходимо установить наклонно, под углом 30° (рис. 5.52, а). Канавку прорубают крейцмейселем предварительно (толщина стружки 1–2 мм) и окончательно (толщина 0,5–1 мм). Крейцмейсель затачивают с поднутрением таким образом, чтобы его лезвие было шире концевой части.

Для прорубания смазочных канавок во вкладышах и втулках применяют специальные крейцмейсели - канавочники (рис.

5.52, б). Во избежание заклинивания крейцмейселя в прорубаемой канавке рабочая часть крейцмейселя должна быть при заточке поднурена.

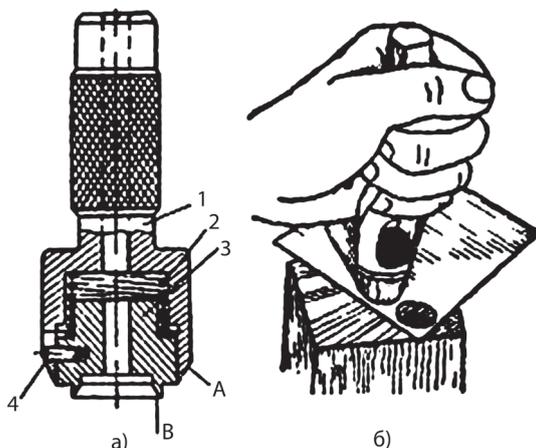
Канавки предназначены для улучшения условий смазки в плоских направляющих, а также в подшипниках скольжения.

### 5.8. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОКЛАДОК

Наиболее производительным методом изготовления прокладок является вырубка их с помощью специальных просечек (рис. 5.53, а), которые имеют форму самих прокладок. Поэтому номенклатура применяемых просечек должна быть весьма обширной. Помимо простых используются и специальные просечки.

На рис. 5.53, а показана просечка для изготовления кольцевых прокладок. Верхняя часть стального корпуса 1 представляет собой рукоятку, по которой производится удар молотком. В нижней части корпуса расточено ступенчатое отверстие, в которое вставляют пуансон 3, под действием пружины 2. Вертикальное перемещение пуансона ограничивается винтом 4.

При ударе молотком по корпусу режущая кромка А вырубает наружный контур, а кромка В пуансона - внутренний контур прокладки. После вырубания прокладка под действием пружины



**Рис. 5.53. Вырубка прокладки с помощью просечки:**  
а - просечка; б - прием для изготовления прокладок

жины 2 выталкивается из корпуса просечки.

В зависимости от материала вырубаемой прокладки угол заострения режущих кромок просечки для резины делают 20–30°, для паронита - 30°, для войлока - 10°.

## 5.9. РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Металл режут ручными или механическими ножовками, а также ручными и механическими, рычажными, параллельными и дисковыми (круглыми) пилами.

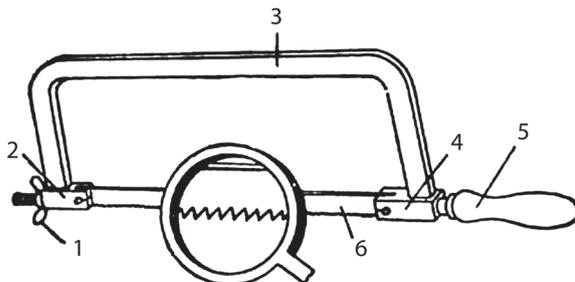
Крупный сортовой металл (круглый, полосовой, угловой, двутавровый и т.п.) разрезают на приводных ножовках и дисковых пилах, а также электрической и газовой резкой, листовую металл - ручными и приводными ножницами, трубы - вручную ножовкой и труборезом (механическую резку осуществляют на специальных станках).

Для резки закаленной стали и твердых сплавов применяют тонкие дисковые шлифовальные круги, а также анодно-механический и электроискровой способы резки металлов.

**Устройство ручной ножовки.** Ручная ножовка (рис. 5.54) состоит из станка (рамки), в котором закреплено ножовочное полотно.

Ножовочные полотна изготавливают из инструментальной стали марок 9ХС, У10, У10А, У12, У12А или мягкой углеродистой стали (У8, У8А, У9 и У9А) с последующей цементацией зубьев.

Ножовочное полотно термически обработано так, что нижняя рабочая часть полотна с зубьями термически обработана с большей твердостью, чем верхняя. Такая термическая обра-



**Рис. 5.54. Ручная ножовка:**

- 1 - барашек; 2 - натяжная серьга; 3 - станок; 4 - неподвижная серьга;  
5 - ручка; 6 - ножовочное полотно

ботка уменьшает поломки ножовочного полотна при работе.

Ножовочные полотна изготавливают с мелким и крупным зубом. Количество зубьев на 25 мм длины ножовочного полотна колеблется от 15 до 32. Зубья полотна разводятся в разные стороны, чтобы уменьшить трение полотна о боковые поверхности обрабатываемой заготовки и исключить заклинивание полотна в пропиле. Величина развода зубьев должна быть такой, чтобы ширина пропила была больше толщины ножовочного полотна на 0,25–0,5 мм.

Разводят зубья отгибанием каждого двух смежных зубьев в противоположные стороны на 0,25–0,6 мм. Применяют развод мелких зубьев созданием волны вдоль нижней части полотна. Амплитуда и шаг волны зависят от толщины полотна и размера зубьев.

Для резки мягких и вязких металлов (медь, латунь) применяют ножовочные полотна с шагом зубьев - 1 мм, твердых металлов (сталь, чугун) - 1,6 мм, мягкой стали - 2 мм. Для слесарных работ обычно применяют ножовочные полотна, у которых на длине 25 мм размещается 15 зубьев.

Прорезание шлицов в головках мелких винтов под отвертку производят ножовками с тонким полотном (толщина 0,8 мм). В головках более крупных винтов шлицы прорезают обыкновенной ножовкой. Широкие шлицы в крупных винтах прорезают полотнами толщиной 1,5–3 мм или в ножовку вставляют одновременно два-три полотна нормальной толщины.

**Процесс резки ножовкой.** Прежде чем приступить к работе, нужно выбрать ножовочное полотно, сообразуясь с твердостью, формой и размером разрезаемого материала. Необходимо также проверить, правильно ли вставлено полотно в

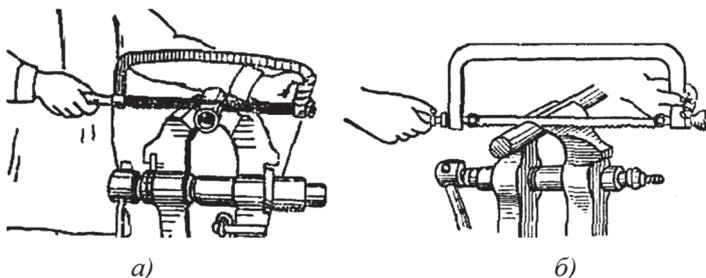


Рис. 5.55. Положение рук на рамке при резке ножовкой

рамку: зубья должны быть направлены остриями от рукоятки, натяжение полотна должно быть достаточно сильным, но не чрезмерным, так как это может вызвать поломку полотна.

Положение корпуса и рук слесаря при работе должно быть таким, как показано на рис. 5.55, а. Другой способ захвата рамки приведен на рис. 5.55, б (разница - в положении пальцев).

Во время резки ножовку держат преимущественно в горизонтальном положении. Движения должны быть плавными, без рывков и с таким размахом, чтобы работало почти все полотно, а не только его середина (нормальный размах не менее  $\frac{2}{3}$  длины ножовочного полотна).

Усилие нажима на ножовку зависит от твердости обрабатываемого металла и его размеров. В среднем усилие должно соответствовать 1 кг на 0,1 мм толщины полотна.

Нажимать на станок необходимо обеими руками, при этом наибольшее давление оказывать левой рукой, а движение станка осуществлять главным образом правой рукой, приложенной к его ручке. При холостом ходе на ножовку не нажимают. При работе ножовочным станком нужно делать не более 40–50 ходов в минуту. При более быстром темпе полотно нагревается и быстрее затупляется.

Если в начале резки ножовка скользит по поверхности, то место распиливания надрубают зубилом или надрезают ребром напильника.

При резке деталей, имеющих острые ребра, необходимо обеспечивать плавный заход зубьев в металл и не допускать подпрыгивания станка при переходе от зуба к зубу. В противном случае зубья выламываются из полотна и процесс резки оказывается невозможным.

Ручной ножовкой чаще всего работают без охлаждения. Для уменьшения трения полотна о стенки пропиливаемой ка-

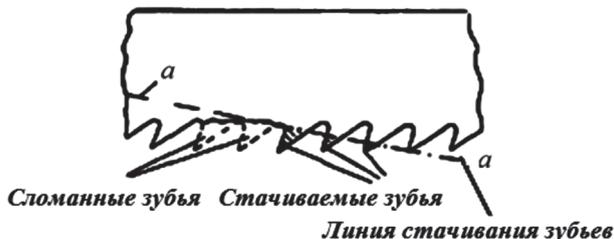


Рис. 5.56. Восстановление режущей способности ножовки

навки его полезно смазывать машинным маслом, густой смазкой из сала или графитной мазью, в состав которой входят 2 части сала и 1 часть графита. При механической резке приводную ножовку необходимо охлаждать жидкостью - мыльной водой или эмульсией.

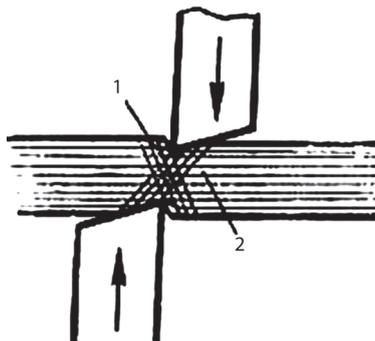
Слабое натяжение полотна иногда способствует "уводу" его в сторону. При уводе полотна следует начать резку в новом месте - с обратной стороны. Попытка выправить косую прорезь приводит к поломке полотна.

Для более продолжительного использования ножовочного полотна рекомендуется вначале разрезать им мягкие материалы, а затем, после некоторого затупления зубьев, - более твердые.

При поломке хотя бы одного зуба работу ножовкой следует прекратить, иначе произойдет поломка смежных зубьев и быстрое затупление всех остальных. Для восстановления режущей способности ножовки, у которой выкрошился зуб, необходимо на точиле или шлифовальном круге сточить два-три соседних с ним зуба по линии а - а (рис. 5.56).

Если во время резания сломалось старое, сработавшееся ножовочное полотно, то нельзя продолжать работу новой ножовкой, так как ширина пропила для нового полотна окажется мала и оно не войдет в прорезь. В этом случае поворачивают изделие и начинают резание в другом месте.

Разрезать материал ножовкой легче по узкой его стороне. Поэтому полосовой металл, как правило, режут по узкой стороне полосы, но это можно лишь при условии, если на длине реза с металлом соприкасается не менее двух-трех зубьев полотна. При



**Рис. 5.57. Процесс резки ножницами:**

1 - напряжения растяжения; 2 - напряжения сжатия

меньшей толщине полосы зубья ножовки могут выломаться, поэтому тонкую полосовую сталь разрезают по широкой стороне.

Тонкие металлические листы при разрезке ножовкой зажимают между деревянными прокладками по одному или несколько штук и разрезают вместе с прокладками. Такой способ обеспечивает лучшее направление ножовочному полотну и предохраняет его от поломок.

Для вырезки в тонких листах криволинейных или угловых прорезей применяют *лобзик*. Вместо ножовочного полотна в лобзик вставляют узкую тонкую пилку, у которой зубья направлены к ручке. Пилят лобзиком на себя, а если выпиливаемый лист положен горизонтально, то сверху вниз, держа лобзик за ручку снизу. Перед выпиливанием внутренних фигур или прорезей в местах перехода контура в углах просверливают мелкие (по ширине пилки) отверстия. Пропустив в такое отверстие пилку, закрепляют ее в рамке лобзика.

**Процесс резки ножницами.** При разрезке листового материала ножницами режущие кромки челюстей ножниц, действуя одновременно, создают напряжения сжатия и растяжения вблизи режущих кромок (рис. 5.57) и разрушают связь между частями материала.

Челюсти (ножи) ножниц, как и другие режущие инструменты, имеют задний угол  $\alpha$ , передний угол  $\gamma$  и угол заострения  $\beta$  (рис. 5.58), величина которого зависит от свойств разрезаемого материала. Для мягких металлов (меди, латуни и др.)  $\beta =$

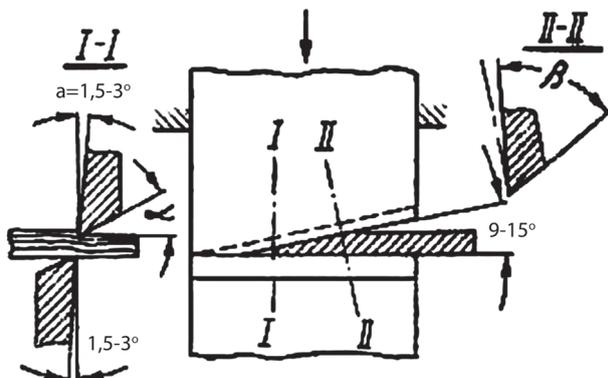


Рис. 5.58. Углы заострения челюстей ножниц

65°, металлов средней твердости –  $\beta = 70 \div 75^\circ$  и твердых металлов –  $\beta = 80 \div 85^\circ$ .

При угле заострения меньше указанного ножи быстро затупляются или лезвия их выкрашиваются. Большие углы заострения увеличивают прочность лезвия, но при этом усилия резания возрастают.

Для уменьшения трения касающихся плоскостей режущие кромки ножниц рекомендуется смазывать машинным маслом.

Чем точнее пригнаны одна к другой режущие части челюстей ножниц, тем чище получается поверхность среза. Закаленные челюсти ножниц ни в коем случае не должны тереться одна о другую, так как они при этом затупляются (между ними зазор 0,2–0,02 мм). При большем зазоре между челюстями тонкий листовый материал затягивается в зазор и закаленные режущие кромки могут выкрошиться.

Листовую сталь толщиной до 0,7–1 мм режут простыми ручными ножницами (рис. 5.59, а).

Допустимая толщина в мм других материалов, разрезаемых на ручных ножницах, следующая: твердый алюминий - 1,0; мягкий алюминий - 2,5; сталь - 0,7; латунь - 0,8; медь - 1,0.

Для слесарных работ применяют ручные ножницы, полная длина которых составляет от 200 до 400 мм, а длина лезвия от 55 до 110 мм.

Изготавливают ножницы из углеродистой инструментальной стали У7, У8, У10.

Ручные ножницы бывают *правые* и *левые*. У правых ножниц скос на режущей части каждой половинки находится с правой стороны, у левых - с левой. При резке листа правыми ножницами все время видна риска на разрезаемом металле. При работе левыми ножницами, для того чтобы видеть риску,

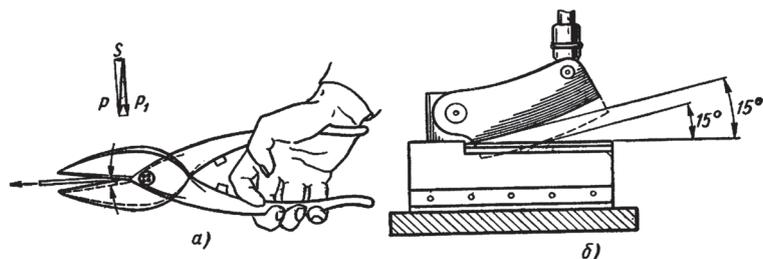


Рис. 5.59. Ручные ножницы:  
а - простые; б - рычажные

приходится левой рукой отгибать срезаемый металл, что очень неудобно. Поэтому листовой металл по прямой линии и по кривой (окружности и закругления) без резких поворотов режут правыми ножницами.

Резка *простыми* ножницами происходит только под действием силы  $P_1$ , которая направлена перпендикулярно к поверхности листа и вдавливает челюсти в материал. Горизонтальная составляющая  $S$  выталкивает заготовку из зева ножниц до тех пор, пока величина ее больше силы трения, возникающей между челюстями ножниц и заготовкой. Это продолжается до раскрытия челюстей на угол  $30^\circ$ .

У *ручных рычажных* ножниц (рис. 5.59, б) угол раскрытия должен составлять  $15^\circ$ . Подвижная верхняя челюсть у ручных рычажных ножниц имеет криволинейную режущую кромку, что при всех положениях верхнего ножа обеспечивает угол раскрытия  $15^\circ$ . Теоретически этот угол должен быть около  $8-9^\circ$ , так как тангенс его имеет значение, равное коэффициенту трения стали о сталь в сухом состоянии  $\mu_0 = 0,15$ .

При поддержании разрезаемого материала угол раскрытия ручных рычажных ножниц может быть больше. Резка под углом меньше  $10^\circ$  является самотормозящей, при таком угле заготовка не выталкивается из зева ножниц. Листовой материал толщиной до 2–3 мм разрезают ступовыми и рычажными ножницами.

*Ступовые* ножницы отличаются от ручных размерами и конфигурацией. Одна из их ручек сделана так, что ее можно же-

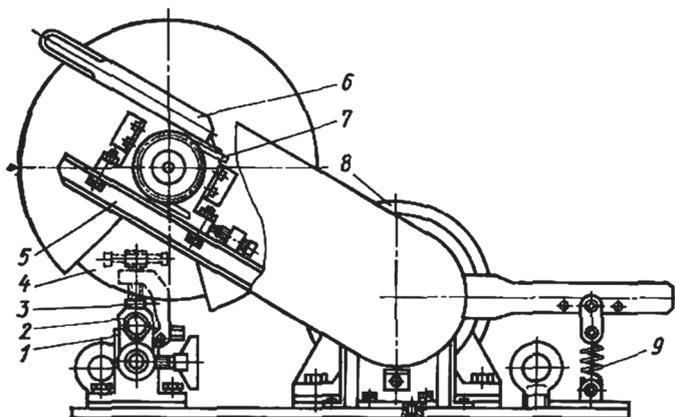


Рис. 5.60. Дисковая ручная пила

стко закрепить в тисках или прикрепить к деревянной колоде (стулу). Общая длина стуловых ножниц 400–1000 мм, длина лезвий 100–250 мм, длина ручек 300–750 мм.

Кроме простых и рычажных существуют ручные ножницы с *зубчатой передачей*, *маховые* и *дисковые*. Ручные ножницы с зубчатой передачей предназначены для резания листового металла, тонких прутков и профильного материала. Рычажные маховые ножницы применяют обычно для прямых разрезов листового металла толщиной до 2 мм на полосы. На конце рычага помещен уравнивающий груз.

Дисковые ножницы используют для резки листовой стали толщиной до 1 мм как с прямолинейным срезом, так и по кривой любого радиуса. Нижний режущий диск ножниц закреплен на эксцентриковой оси, которая позволяет изменять положение диска по высоте. Верхний режущий диск вращается на валике, который поворачивают рукояткой при помощи храпового колеса и собачки.

**Машинные ножницы.** Приводными машинными ножницами режут листы и полосы толщиной более 3 мм .

**Дисковую ручную пилу** применяют для резки профильного проката и труб (рис. 5.60). В зависимости от профиля разрезаемого металла пила комплектуется сменными направляющими упорами.

Резка производится вулканическим кругом 4, шпиндель которого закреплен на качающейся раме 5. Вращение круга осуществляется через ременную передачу 7 электродвигателем 8, а подача круга - вручную рукояткой 6. Разрезаемый профильный прокат устанавливают на призмы 1 до регулируемого упора 2 и закрепляют откидным прижимом 3. По окончании резки рама 5 возвращается в исходное положение пружиной 9. Частота вращения абразивного круга 2000 об/мин.

Заменяя абразивный круг тонким стальным диском, можно производить резку на мерные длины резиновых шлангов и шлангов высокого давления из прорезиненных тканей для пневмо- и гидросистем.

**Гильотинные ножницы** с наклонными ножами (гильотинные) применяют для резки листового и реже полосового проката, а также листовых неметаллических материалов.

Существует большое количество различных типов ножниц, отличающихся друг от друга как по конструктивным признакам, так и по технологическим характеристикам.

На рис. 5.61 показаны ножницы с наклонными ножами.

Резать материал на этих ножницах можно по разметке и без нее с помощью удлинителей 3. Станина 1 ножниц сварная из листовой стали. В ее передней части закреплен стол 2, на котором установлены удлинители 3 с Т-образными пазами, служащими для удлинения стола в случае разрезания больших листов, а также для установки передних упоров и различных приспособлений.

Привод ножниц осуществляется от отдельного электродвигателя через клиноременную и зубчатую передачи на коленчатый вал. Ножевая платформа (ползун) 4, приводимая от коленчатого вала через шатуны, движется вверх и вниз. Расположение привода верхнее. Управляют ножницами при помощи кнопок и педали 6. Задний упор 5 состоит из двух цилиндрических реек; на них от одного маховика передвигаются кронштейны для установки упорной линейки на необходимое расстояние от кромок ножей. Мерная резка листа достигается с помощью заднего упора. Ножницы могут работать одиночными ходами и непрерывными (автоматически).

Обычно ножницы снабжены прижимами для удержания разрезаемого материала. Прижимы действуют автоматически при перемещении ползуна вниз.

Максимальная толщина разрезаемого на этих ножницах материала составляет 20–32 мм при ширине реза 2000–3200

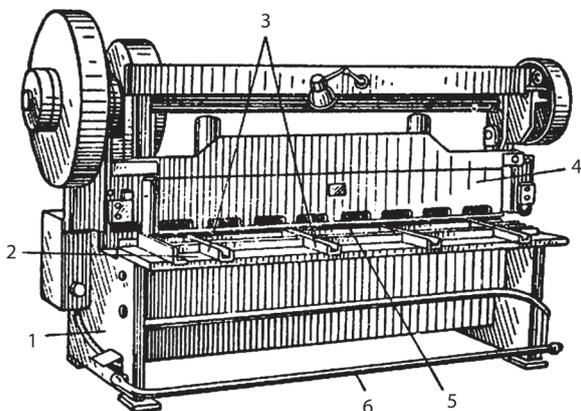


Рис. 5.61. Гильотинные ножницы

мм. Мощность электродвигателей для привода ножниц - от 1,7 до 20 кВт.

Ножницы с наклонными ножами используются для резки по прямым линиям. На них режутся листы на полосы для последующей штамповки, а также мерные заготовки. Изменяя положение упоров, можно изготавливать заготовки трапециевидальной, ромбовидной, треугольной и другой формы.

На ножницах можно вырезать и заготовки более сложной формы по разметке (без применения упоров), а также срезать кромки листа под углом к плоскости реза до  $30^\circ$  (например, при подготовке под сварку). В последнем случае заготовку располагают наклонно к плоскости стола с помощью специальных подставок.

**Комбинированные пресс-ножницы** (рис. 5.62) предназначены для резки листового и реже полосового проката, профильного сортового проката (круг, квадрат, уголок, швеллер), а также для пробивки отверстий и выполнения разрубочных работ.

У таких ножниц в зависимости от модели имеются: пробивное устройство 1, ножницы для резки профильного сортамента 2, разрубочное устройство 3 и ножницы для резки листового проката 4.

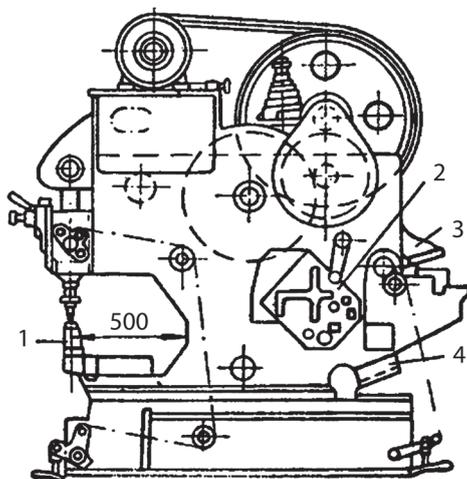


Рис. 5.62. Комбинированные пресс-ножницы

Принцип резки сортового проката заключается в том, что материал, помещенный между ножами соответствующего профиля, разрезается при сдвиге одного (подвижного) ножа по отношению к другому (неподвижному).

Пробивка отверстий, как и зарубочные работы, производится чаще всего по разметке и в отдельных случаях по специальным шаблонам. Шаблон повторяет контур высечки. Он накладывается на заготовку и помогает ориентировать ее по отношению к ножам.

Резка на листовых ножницах производится в основном по разметке. Мерные по длине заготовки из проката отрезаются по специальным упорам или по разметке.

### 5.10. ГИБКА МЕТАЛЛА

Процессом гибки называют слесарную операцию, с помощью которой заготовка из металла при деформации принимает требуемую пространственную форму. В практике слесарного дела слесарю часто приходится изгибать заготовки из листового, полосового и круглого материала под углом, с определенным радиусом, выгибать разной формы кривые (угольники, петли, скобы и т.д.). Для выполнения данной работы необходимо предварительно определить длину развернутой заготовки.

Когда толщина заготовки превышает 4 мм применяют горячую гибку.

В процессе гибки металл подвергается одновременному воздействию растягивающих и сжимающих усилий. На наружной стороне детали в месте изгиба волокна металла растягиваются и длина их увеличивается; на внутренней же, наоборот, волокна сжимаются и длина их укорачивается. И только нейтральный слой, или, как принято называть, нейтральная линия, в момент сгиба, полагают, не испытывает ни сжатия, ни растяжения, и поэтому длина нейтральной линии после изгиба детали не изменяется.

При гибке металла приходится преодолевать силы упругости заготовки из металла.

**Упругость** называется свойство заготовки из металла, благодаря которому деталь восстанавливает после снятия нагрузки свои первоначальные форму и размеры. При нормальных температурах, ограниченных скоростью и продолжительностью деформации, деталь с достаточной точностью можно считать

упругой до тех пор, пока возникающие в ней напряжения и деформации не превзошли определенного значения предела упругости. Поэтому согнутая на определенный угол деталь после снятия напряжения стремится, как пружина, расправиться, т.е. угол загиба всегда несколько увеличивается, а деталь немного выпрямляется. Поэтому при изготовлении деталей гибкой следует учитывать пружинящие свойства металла.

**Пластичность** называется способность материала сохранять полностью или частично деформацию, получившуюся под действием приложенных сил и по прекращении действия этих сил. В зависимости от соотношения величин остаточной и упругой деформаций, получаемых перед наступлением разрушения, материал можно считать пластичным или хрупким. Однако пластичность и хрупкость не могут быть отнесены только к свойству материала. Один и тот же материал в зависимости от характера напряженного состояния, температуры и скорости деформирования может проявляться как пластичный или как хрупкий.

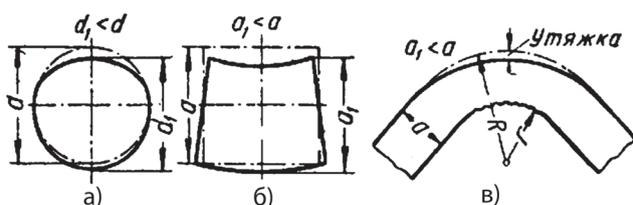
Различают следующие стадии пластических деформаций:

а) начало текучести - пластические деформации одного порядка с упругими;

б) пластическое состояние при малых деформациях - пластические деформации велики по сравнению с упругими, но малы по сравнению с первоначальными изменениями размеров или формы детали;

в) пластическое состояние при больших деформациях (технологические пластические деформации) - размеры или формы детали меняются значительно.

Гибка сопровождается упругими и пластическими деформациями, что вызывает искажения первоначальной формы поперечного сечения заготовки, и уменьшением ее пло-



**Рис. 5.63. Искажение формы заготовки при изгибе:**  
а - круглого сечения; б - прямоугольного сечения; в - утяжка

щади (утяжка) в зоне изгиба (рис. 5.63).

Кроме того, возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному. Напряжения внешних волокон при относительно малом  $r$  в этих волокнах приближается к пределу прочности при растяжении, в результате чего материал разрушается (образуются трещины). Эти дефекты тем вероятнее, чем меньше радиус закругления и чем больше угол загиба. Чтобы исключить появление дефектов, необходимо выдержать минимальный радиус гибки.

Минимальный радиус гибки приближенно определяется по формуле:  $r=S \cdot k$ , где  $r$  - радиус гибки,  $k$  - коэффициент, зависящий от материала и направления проката,  $S$  - толщина материала. При гибке поперек волокон для меди, цинка, латуни и алюминия  $k=0,25-0,3$ , для стали мягкой -  $k=0,5$  и для стали средней твердости -  $k=0,8$ . При гибке вдоль волокон для меди, цинка, латуни и алюминия  $k=0,4-0,45$ , для стали мягкой -  $k=1,2$  и для стали средней твердости -  $k=1,5$ . Зачисткой кромок перед гибкой можно снизить  $k$  в 1,5, а иногда и в 2 раза.

Длина заготовки  $L$  при гибке определяется суммой длин прямых участков и длин нейтральных осей изогнутых участков, например,  $L=l_1+l_2+l$  (рис. 5.64).

$$l = \frac{\pi\varphi}{180}(r+x) = 0,017\varphi(r+x),$$

где  $\varphi$  - угол дуги  $l$  в градусах ( $\varphi=180^\circ - \beta_2$ );  $x$  - расстояние от внутренней плоскости до нейтральной оси в мм.

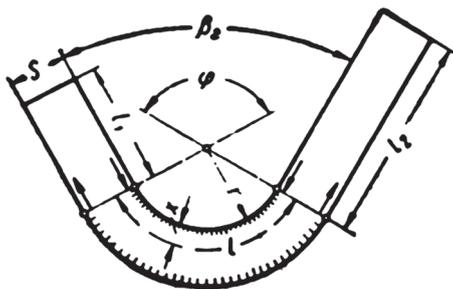


Рис. 5.64. Схема составляющих длин согнутой полосы

При относительно малом  $r$  растяжение материала в наружных волокнах приближается к пределу прочности при растяжении, в результате чего материал разрушается (образуются трещины).

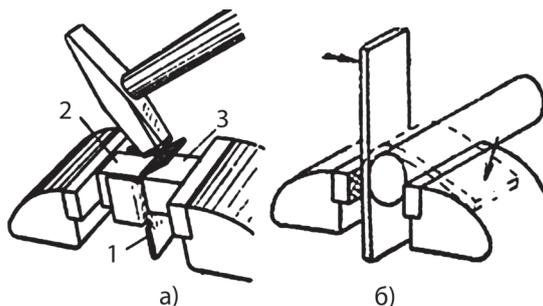
### 5.10.1. Основные приемы гибки деталей из полосы

При гибке деталей *вручную* необходимо учитывать, что в зависимости от свойств материала, толщины и размеров заготовки из полосы необходимо прикладывать различные усилия для выполнения работы. Поэтому необходимо учитывать, что:

- при гибке деталей из тонкого листового пластичного материала, толщиной 0,2 мм и менее, на поверхности деталей могут оставаться следы от ударов молотком, поэтому целесообразно при гибке использовать подкладки из деревянных брусков, отрезков стальной полосы или бруска и т.п., в некоторых случаях эта работа может быть выполнена без молотка, а обжатием заготовки вручную с использованием подкладок;

- при гибке деталей из тонкого листового пластичного материала, толщиной 0,2–0,5 мм, применяют легкие молотки, подкладки из цветного металла, из отрезков стальной полосы или бруска и т.п.;

- для деталей из листового материала, толщиной 3,0 мм и более, для предварительной гибки применяют более тяжелые молотки (кувалды - для материала толщиной 8 мм и более), а более легкие молотки для окончательной гибки и правки деталей после гибки;



**Рис. 5.65.** Гибка заготовки детали в тисках:  
а - под углом; б - по радиусу

– при ручной гибке в зависимости от усилий, которые прилагают для гибки заготовок, выбирают менее или более тяжелые тиски;

– при ручной гибке с увеличением толщины металла возрастают усилия, с которыми необходимо зажимать заготовку в тисках. В результате на поверхности заготовок каленые губки тисков оставляют следы рифления накладок губок, что портит внешний вид деталей. Поэтому при закреплении заготовок в тисках используют подкладки из цветного металла, мягкой стали и т.п.;

– при ручной гибке симметричных деталей возможно смещение оси симметрии по длине заготовки, поэтому целесообразно по концам заготовки симметрично оставить припуск, который удаляют по окончании гибки;

– при гибке коротких полок (например, у хомутиков из материала толщиной 4–6 мм), которые меньше ширины бойка молотка, целесообразно по концам заготовки симметрично оставить припуск, который удаляют по окончании гибки.

Гибку деталей выполняют по образцу готовой детали, либо по образцу-макету, который более удобен для работы.

Для выполнения макета рабочий вычерчивает на листе бумаги или на листе металла (чертилкой) профиль детали в натуральную величину, который нужно будет согнуть. Затем из проволоки или тонкой полосы при помощи плоскогубцев по рисунку сгибают контур профиля детали (с учетом радиусов и углов наклона плоскостей).

Для гибки детали подбирают оправку с минимальным радиусом гибки и с радиусами, которыми должны соединяться прямолинейные участки детали.

На заготовке детали чертилкой размечают линии, по которым будут производить гибку.

При выполнении гибки полки заготовку 1 (рис. 5.65, а) зажимают в тиски между двумя оправками 2 и 3 так, чтобы линия гибки была обращена в сторону загиба, на уровне верхней кромки оправки 3. Молотком ударяют по верхней полке детали 1. Ударять молотком нужно равномерно всей поверхностью бойка.

Угол наклона полки проверяют, прикладывая шаблон к вертикальной грани детали 1. Грань оправки 3, на которой производится гибка заготовки, должна быть запилена по радиусу больше критического для данной толщины заготовки.

При выполнении гибки по радиусу заготовку 1 (рис. 5.65, б) зажимают в тиски между губкой и оправкой 2 так, чтобы линия гибки была обращена в сторону загиба и выступала над обрабатываемой оправкой 2 на величину А мм, если необходимо, чтобы полки были равной длины.

$$A = \frac{2\pi r}{4} - r,$$

где r - радиус оправки.

Направление ударов молотком показано стрелками.

Для гибки заготовок из листового материала применяются *ручные листогибочные машины* и *машины с механическим приводом*. Принцип работы заключается в том, что на столе машины прижимом закрепляется заготовка, которая выставляется местом изгиба относительно прижима. Затем поворотная траверса приводится в движение, поворачивается на установленный угол и тем самым изгибает на нужный угол заготовку. Машина имеет оснастку, которая позволяет гнуть различные профили.

### **5.10.2. Основные приемы гибки деталей из труб**

Гибку деталей из труб производят в холодном и горячем состояниях ручным и механизированным способами, с наполнителями и без наполнителей.

*Наполнители* применяют для исключения образования складок и сплющивания стенок труб. В качестве наполнителей используется просушенный мелкий песок или синтетические гранулы.

Для каждой трубы в зависимости от ее диаметра и материала установлен минимально допустимый радиус гибки. При меньшем радиусе гибка недопустима (табл. 5.4).

При *гибке в холодном состоянии* труб диаметром до 25 мм применяются ручные приспособления.

На рис. 5.66, а показан *ручной станок*, предназначенный для гибки труб диаметром от 12 до 20 мм. Станок имеет ось 1 и опорную плиту 2, с помощью которых он крепится болтами к верстаку. Рабочими органами станка являются неподвижный ролик 4 с хомутиком 5, укрепленный на оси 1, и подвижный

Таблица 5.4

**Значения минимально допустимых радиусов гибки труб в холодном состоянии, мм**

Наружный диаметр трубы, мм	Материал трубы				Наружный диаметр трубы, мм	Материал трубы			
	Сталь 45	Сталь 35	Сталь 20	Сталь 10		Сталь 45	Сталь 35	Сталь 20	Сталь 10
18	74	62	56	43	105	450	344	282	240
24	95	79	65	55	110	510	377	310	264
32	115	96	79	67	130	536	450	370	315
38	156	131	107	91	145	578	484	398	339
50	197	165	136	115	155	620	522	430	360
60	238	199	165	139	181	720	600	498	425
75	280	260	194	173	194	752	630	516	444
80	324	270	224	190	206	835	702	575	488
90	362	302	250	213	220	920	770	635	540

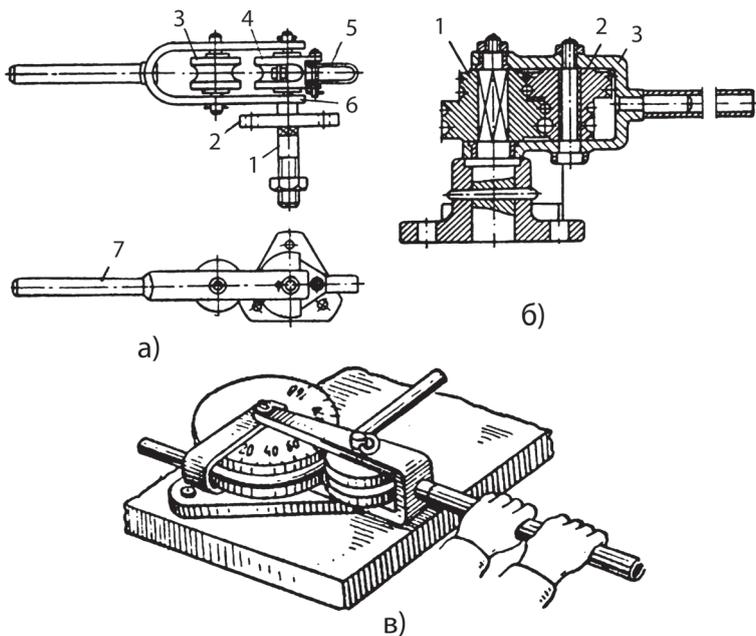


Рис. 5.66. Гибка на ручных приспособлениях

ролик 3, закрепленный на скобе 6 с рукояткой 7. Изгибаемую трубу концом закладывают в хомутик между роликами, затем вращают скобу с подвижным роликом вокруг оси неподвижного ролика до получения требуемого изгиба, после чего возвращают скобу в исходное положение и вынимают трубу.

Для гибки медных трубок разных диаметров при сборке машин применяют *многоручьевой трубогиб* (5.66, б). В этом случае трубку пропускают между роликами 1 и 2 до соприкосновения с упором, затем при повороте вилки 3 подвижный ролик 2 обкатывается вокруг неподвижного, изгибая трубку по радиусу, равному радиусу ролика 1.

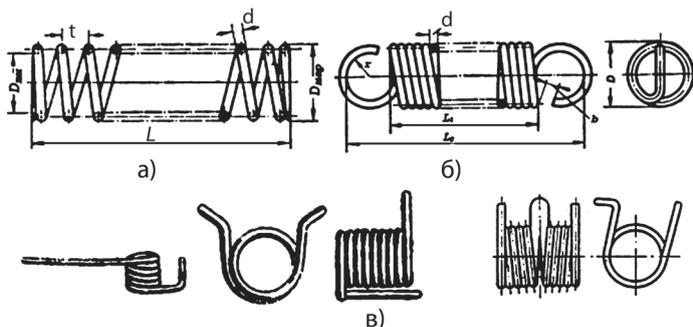
С помощью *ручного рычажного трубогиба* (5.66, в) можно изгибать стальные газовые трубы диаметром  $1/2$ ,  $3/4$  и  $1$ '' в холодном состоянии без наполнителя.

Для ручной гибки стальных труб диаметром до 50 мм на угол  $180^\circ$  без наполнителя в холодном состоянии может использоваться специальная головка с ручным приводом.

### 5.10.3. Изготовление цилиндрических пружин

По своему назначению цилиндрические пружины делятся на работающие на растяжение, на сжатие и на скручивание (рис. 5.67).

У пружин, *работающих на сжатие* (рис. 5.67, а), витки расположены на некотором расстоянии друг от друга, шаг -  $t$ ; концы пружин прижимают к смежным виткам. Основными размерами



**Рис. 5.67. Цилиндрические пружины:**

а - сжатия; б - растяжения; в - скручивания

являются: внутренний диаметр -  $D_{\text{вн}}$ , наружный диаметр -  $D_{\text{нар}}$ ; шаг навивки -  $t$ ; диаметр проволоки -  $d$ ; длина пружины -  $L$ .

У пружин, работающих на растяжение (рис. 5.67, б) витки плотно прилегают один к другому, последние витки отгибают на  $90^\circ$  и загибают в виде полуколец и колец. Основными размерами являются: наружный диаметр -  $D$ ; диаметр проволоки -  $d$ ; радиус проушины -  $r$ ; ширина зацепа -  $b$ ; длина навивки пружины -  $L_1$ ; полная длина пружины -  $L_2$ .

У пружин, работающих на скручивание (рис. 5.67, в), витки плотно прилегают один к другому, на концах имеются зацепы, которые воспринимают закручивающую нагрузку и закручивают пружину в целом. Основные размеры пружин, работающих на скручивание, такие же как у пружин, работающих на растяжение.

Для расчета длины заготовки, потребной для изготовления пружины, необходимо знать средний диаметр пружины  $D_0$ , который равен:

$$D_0 = D_{\text{нар}} - d = D_{\text{вн}} + d = D - d.$$

Длину заготовки  $\ell$  пружины (без учета колец или зацепов на концах) определяют по следующей формуле:

$$\ell = \pi D_0 n,$$

где  $n$  - число витков пружины.

При подсчете витков пружины учитываются только рабо-

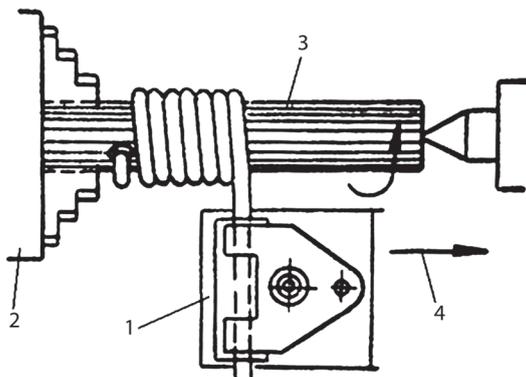


Рис. 5.68. Навивка пружины на токарном станке

чие витки. У пружин сжатия с неприжатыми витками число рабочих витков определяют путем вычитания из общего числа витков двух витков (по витку с каждого конца пружины). Если крайние витки прижаты для образования опорной плоскости, то вычитают полтора витка.

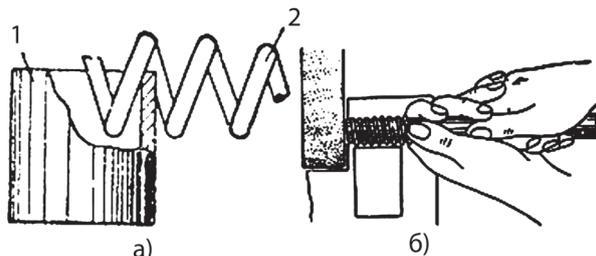
Обычно для ремонта машин навивку пружин производят на *универсальном токарном станке* (рис. 5.68).

На резцедержателе 1 станка устанавливается держатель для проволоки. В патроне 2 станка устанавливается оправка 3, диаметр которой на 0,85–0,9 меньше внутреннего диаметра пружины. Суппорт станка устанавливают так, чтобы держатель проволоки был рядом с кулачками патрона, затем настраивают частоту вращения шпинделя не более 60 об/мин и подачу 4, соответствующую диаметру  $d$  проволоки или шагу  $t$  пружины. Включают станок и считают число оборотов оправки. Когда число оборотов оправки будет равно числу витков пружины с учетом нерабочих витков, станок останавливают и выставляют упор отключения станка и подачи.

Затем суппорт станка устанавливают так, чтобы держатель проволоки был рядом с кулачками патрона. Проволока пропускается через держатель и ее конец закрепляется на оправке хомутом с поводком или в отверстии, как показано на рисунке. Первый виток пружины выполняют вращением патрона от руки и после этого включают станок.

После остановки станка конец проволоки откусывают кусачками.

При навивке пружин на станке необходимо быть предельно внимательным. Освободившаяся проволока или обрыв мятой проволоки может спружинить и нанести травму.



**Рис 5.69. Поджатие концов пружины сжатия:**  
а - подогревом; б - на заточном станке

Обычно для пружин растяжения производят непрерывную навивку на всей длине оправки, а затем ее делят на требуемые по длине пружины.

Для пружин сжатия также производят непрерывную навивку, но замечают по линейке или лимбу подачи, в каких местах нужно выключить подачу, сделать два-три сжатых витка и вновь включить подачу.

По окончании навивки вручную производят *доделку* пружины. При этом удаляют заделочные концы, которыми крепили проволоку в станке, и отделяют нужное число витков для пружины. Для этого делают надрез трехгранным напильником в нужном месте на проволоке и отламывают или разрубают в нужном месте проволоку на зубиле, вертикально закрепленном в тисках.

Чтобы *поджечь концы* пружины, работающей на сжатие, пружину 2 вставляют в направляющую трубку 1 (рис. 5.69, а) и через отверстие трубки нагревают пламенем газовой горелки или паяльной лампы. Как только виток нагреется до красного цвета, пружину вынимают из трубки и быстро прижимают к плоскости плиты.

После поджигания витков пружине придают вертикальное положение на плите. Для этого надевают заготовку пружины на оправку и подшлифовывают металл на торце пружины боковой поверхностью абразивного круга *на заточном станке* (рис. 5.69, б).

Если пружину навивали с прерыванием подачи, то достаточно разделить заготовку на части и доработать торцы на заточном станке.

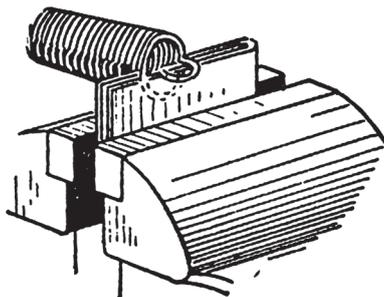


Рис. 5.70. Заделка концов у пружины растяжения

*Заделка концов* пружин растяжения в виде полуколец выполняется вручную с помощью подставки в тисках (рис. 4.65, а) или круглогубцев.

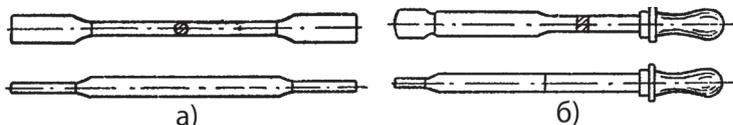
Для этого вручную зубилом на плите отгибают на 30–40° один виток на торце у отрубленной заготовки пружины. Затем отогнутый виток пружины отгибают далее с опорой на подставку (рис. 5.70) на 90° с помощью молотка. Если проволока не жесткая, то эту операцию можно выполнить круглогубцами.

### 5.11. ШАБРЕНИЕ

Шабрением называют обработку поверхности детали режущим инструментом - шабером, с помощью которого с детали последовательно срезают тонкий слой металла (0,005–0,01 мм). Шабрение обычно применяют для окончательной доводки вручную поверхностей при изготовлении или ремонте точных деталей: направляющих станин и суппортов металлорежущих станков, вкладышей подшипников, контрольно-измерительных плит, деталей приборов и инструмента и т.п, т.е. в тех случаях, когда нет необходимого оборудования или оно не может обеспечить обработку с требуемой точностью и шероховатостью.

Шабрение применяют, как правило, после обработки поверхностей деталей фрезой, резцом или напильником для лучшей отделки и получения более точных размеров, формы и расположения поверхностей детали.

Шабрению подвергают как широкие, так и узкие прямолинейные и криволинейные поверхности различных деталей. Шабрение осуществляют обычно с подгонкой обрабатываемых поверхностей по плитам, линейкам, эталонам и сопрягаемым деталям. Чтобы выявить, какие места необходимо шабрить, деталь кладут обрабатываемой поверхностью на поверочную плиту, покрытую тонким слоем краски,



**Рис. 5.71. Шаберы плоские:**

а - двусторонние, б - односторонние

легко нажимая на деталь, перемещают ее по плите в различных направлениях. В результате выступающие места на поверхности детали покрываются слоем краски. Эти места и обрабатывают шабером. Шабрением можно обеспечить точность обработки по плоскостности и прямолинейности до 0,02–0,005 мм на длине 1000 мм. Качество шабрения определяется по числу точек соприкосновения сопрягаемых поверхностей в квадрате со сторонами 25 мм. Для станков нормальной точности достаточно 6–8 точек. Для шабрения различных поверхностей применяют шаберы цельные, составные, односторонние с деревянной ручкой и двусторонние без ручки, плоские, трехгранные, с прямолинейной и криволинейной кромкой.

### 5.11.1. Шаберы

Шабер изготавливают из инструментальной стали У10 и У12А или ШХ15, с термообработкой до твердости 56–64 HRC.

Форма шабера в основном определяется формой обрабатываемой поверхности с соблюдением общих закономерностей.

Для шабрения плоских поверхностей, а также открытых плоскостей, пазов, канавок и т.д. применяются **плоские** шаберы. По наличию режущих лезвий плоские шаберы могут быть *двусторонними* (рис. 5.71, а) и *односторонними* (рис. 5.71, б).

Длина шабера (вместе с рукояткой) выбирается 500–600 мм, толщина лезвия 3–5 мм и ширина лезвия 20–25 мм (или с учетом ширины пазов или канавки). Большое значение имеет форма режущего лезвия шабера.

Весьма рациональной является *выпуклая форма лезвия* (рис. 5.72, а). Ее рекомендуют для получистового шабрения очерчивать дугой радиуса 30–40 мм или 40–55 мм - для чистового шабрения.

Таблица 5.5

**Значения геометрических параметры шаберов**

Шабер	Углы, град.			
	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	$\gamma$
Плоский	20-30	75-100	Св.90	0 до -40
С отогнутым концом	30-40	70-90	Св.90	0 до -40
Трехгранный	60	60	120	0 до -40

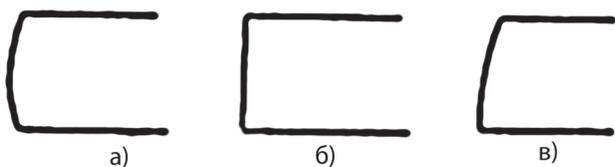


Рис. 5.72. Форма лезвия шабера



Рис. 5.73. Шаберы плоские с отогнутым концом:  
а - двусторонний, б - односторонний

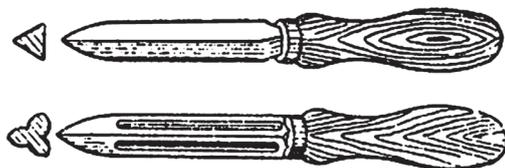


Рис. 5.74. Трехгранные шаберы

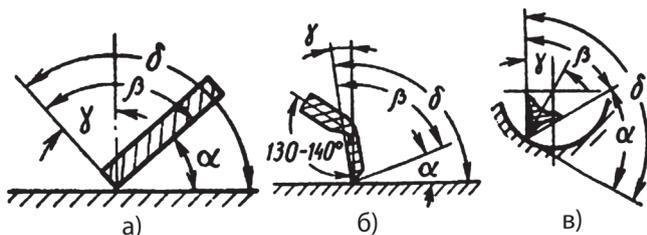


Рис. 5.75. Основные геометрические параметры шаберов:  
а - плоского; б - с изогнутым концом; в - трехгранного

При *отсутствии* такого закругления лезвия (рис. 5.72, б) шабер применяют для тонкого чистового шабрения. Следует учитывать, что острые углы шабера при малейшем отклонении режущей кромки от обрабатываемой плоскости врезаются в металл и вызывают появление царапин. Этот шабер работает всем лезвием, что требует приложения больших усилий при предварительной обработке, но он эффективен при грубом шабрении. В целях повышения производительности режущее лезвие желательно делать по возможности более широким. При полустовом шабрении длину прямолинейного режущего лезвия несколько уменьшают, а также применяют шаберы с *односторонней радиусной заточкой* (рис. 5.72, в).

Для обработки стенок пазов, канавок и смежных плоскостей, а также мягких металлов (алюминия, цинка, баббита и др.) применяют шаберы **с отогнутым концом** (рис. 5.73).

**Трехгранные** шаберы выполняются *прямыми и изогнутыми*. Они применяются для шабрения криволинейных поверхностей, например, отверстий во вкладышах подшипников (рис. 5.74).

Производительный труд при шабрении обеспечивают заточкой шабера и нужным уклоном шабера при работе.

При шабрении шабером следует различать следующие углы (рис. 5.75).

$\alpha$  - угол установки шабера, определяемый положением рук слесаря;

$\beta$  - угол заострения шабера, получаемый при заточке;

$\delta$  - угол резания, равный сумме двух указанных углов;

$\gamma$  - передний угол.

Значения углов для чугуна и стали приведены в табл. 5.5.

### 5.11.2. Заточка шабера

Режущие кромки шабера затачивают на заточном станке с мелкозернистым кругом. Сначала затачивают боковые грани, затем торцовую поверхность и потом производят доводку. Стачивают у шабера только один конец, а не всю плоскую часть. При заточке штрихи от круга должны располагаться вдоль или по диагонали плоской части шабера. Для этого шабер 1 при заточке располагают вдоль наружной поверхности, по ходу вращающегося круга (рис. 5.76, а).

Торцовую часть затачивают на круге, используя прокладку 2 (рис. 5.76, б). При заточке лезвия шабер располагают по цент-

ру, перпендикулярно к поверхности круга. Давление на шабер должно быть незначительным, чтобы не было прижогов. Допускается периодически охлаждать шабер холодной водой.

Доводят или правят шабер после заточки на абразивных брусках зернистостью №12 и ниже, покрытых тонким слоем машинного масла. Хорошие результаты дает доводка шаберов на чугунной плите, покрытой жидкой пастой из наждачного порошка с машинным маслом. Торцовая и боковые поверхности шабера должны быть гладкими, без штрихов, а режущая кромка - без завалов, заусенцев и без штрихов от заточки.

Шабер при доводке на абразивном бруске ставят в строго вертикальное положение (рис. 5.76, в). Сначала доводят режущую торцовую поверхность, перемещая вдоль узкой стороны. При этом нельзя наклонять шабер вправо или влево по направлению хода. Торцовая поверхность в поперечной части должна быть гладкой без штрихов. Плоские стороны шабера (боковые грани) доводят после доводки торцовой поверхности. Это позволяет уничтожить полученные завалы при заточке торцовой поверхности и предупредить возможные закругления на режущей кромке. Перемещать шабер при доводке нужно интенсивно, делая около 60 движений в минуту так, как при медленном движении образуются закругленные режущие кромки.

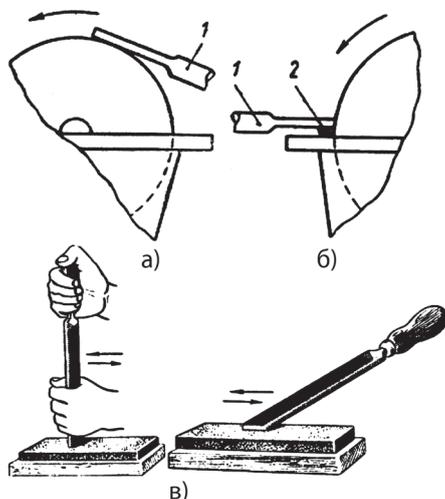


Рис. 5.76. Заточка (а, б) и доводка (в) шабера

При шабрении доводят или правят шабер периодически через каждые 1,5–2 ч работы, а через 4–5 правок шабер зачищают.

### 5.11.3. Поверочный инструмент

**Эталоны.** При шабрении проверкой "на краску" выявляют выступающие места на плоскости детали, подлежащей обработке. Для этого сравнивают обрабатываемую поверхность с эталоном, точность которого известна. Такими эталонами являются поверхности контрольных или поверочных плит, линеек, призм и угольников и т.д.

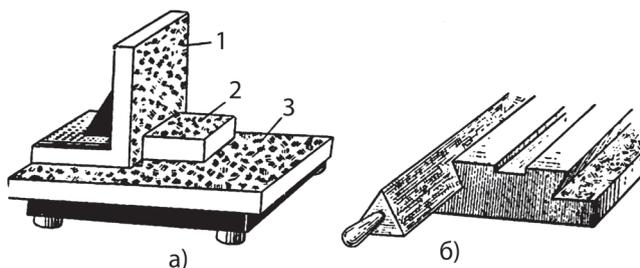
Плоскости, образующие прямой угол, пришабриваются с проверкой «на краску» детали 2 по точному поверочному угольнику (рис. 5.77, а), устанавливаемому на плите 3. Деталь перемещают по плите вдоль угольника.

Шабрение плоскостей, расположенных под острыми углами (суппортов, кареток, консолей, станин и других частей металлорежущих станков) и представляющих собой сопряжения типа «ласточкин хвост», выполняют трехгранными шаберами.

Перед шабрением направляющих типа «ласточкин хвост» (рис. 5.77, б) проверяют трехгранной линейкой, покрытой краской, выявляют выступающие места. Затем шабруют плоскости, расположенные под острыми углами, так же, как и параллельные.

**Поверочные плиты** изготовляют из чугуна (рис. 5.78). Применяют плиты размером от 150 x 150 мм до 600 x 1000 мм и снабжают рукоятками и ребрами жесткости.

Для облегчения и повышения производительности труда при шабрении неудобных мест рекомендуется применять лег-



**Рис. 5.77. Эталоны:**  
а - угольник; б - трехгранная линейка

кие силуминовые плиты. Стойкость таких плит ниже стойкости чугунных, но это окупается повышением производительности и облегчением труда рабочего.

**Поверочные линейки чугунные** (рис. 5.79, б) изготавливают длиной до 3000 мм. После отливки их подвергают естественному старению, выдерживая на открытом воздухе до 6 месяцев, или применяют искусственное старение при режиме: нагрев в печи до  $t = 550^{\circ}\text{C}$  со скоростью  $80\text{--}150^{\circ}\text{C}$  в час, выдержка при этой температуре от 4 до 8 ч, медленное охлаждение до  $300\text{--}250^{\circ}\text{C}$  со скоростью  $20\text{--}50^{\circ}\text{C}$  в час.

Поверхность М линейки шабруют с проверкой «на краску» по контрольной плите. Количество пятен на квадрат со стороной 25 мм должно быть не менее 25.

При отсутствии контрольной плиты поверхность проверяют методом стройки плоскостей, т.е. три линейки, которые шабруют, взаимно проверяют «на краску» методом перестановок. Таким же методом проверяют и шабруют плиты.

Твердость рабочей поверхности линейки НВ 150–210 (при



Рис. 5.78. Поверочные плиты

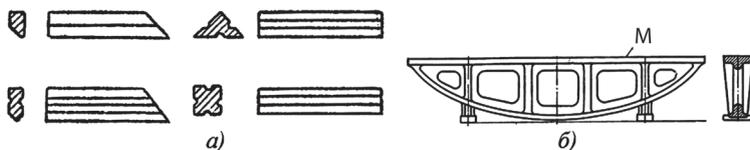


Рис 5.79. Поверочные линейки:

а - лекальные, для контроля прямолинейности "на просвет";  
б - поверочные линейки "чугунные мостики"

$d=10$  мм и  $P=3000$  кг). Разница в твердости не более 15 единиц на любых участках линейки.

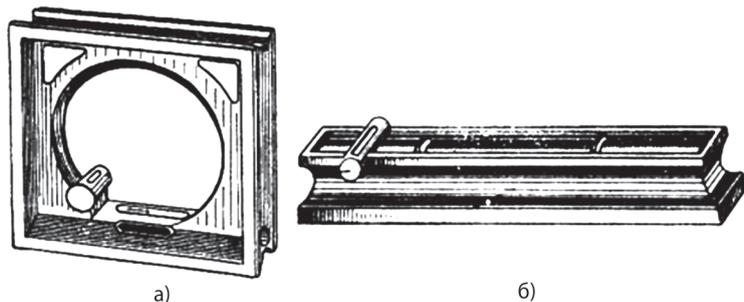
**Поверочные линейки стальные** (5.79, а). Поверочные линейки лекальные изготавливают длиной до 500 мм. Лекальные линейки применяют для контроля прямолинейности поверхности детали "на просвет".

**Поверочные линейки угловые или поверочные клинья** служат для проверки прямолинейности плоскостей, расположенных под углом друг к другу. Линейки изготавливают с углами равными 45, 50, 55 и 60°.

**Уровни** изготавливаются двух типов: с неподвижно установленной ампулой и с регулируемой относительно основания ампулой. Уровни каждого типа бывают рамные и брусковые с длиной рабочей поверхности - 100, 150, 200 и 300 мм, с ценой деления от 0,02 до 0,2 мм. Применяются для измерения малых угловых отклонений от вертикального и горизонтального положения (рис. 5.80).

**Материалы для краски.** Контрольно-проверочные поверхности при шабровке покрывают тушующими материалами - красками. Для этой цели применяют голландскую сажу, железный сурик, индиго, берлинскую лазурь и парижскую красную, реже ультрамарин (синьку). В сухом виде не употребляют, а смешивают их с мелом и минеральным маслом.

Перед смешиванием с маслом краску растирают в мельчайший порошок. Количество машинного масла в смеси должно быть таким, чтобы краска имела консистенцию пасты, но не жидкой, так как излишки масла в краске искажают показания, так как под давлением плиты жидкая краска расплывает-



**Рис. 5.80. Уровни:**  
а - рамные; б - брусковые

ся и заполняет все мелкие впадины, отчего проверяемая поверхность получает сплошную тушевку без ясно выраженных выступающих частей. Смачивать керосином краску нельзя. Смоченная керосином краска дает сплошную тушевку и скоро высыхает, образуя твердые крупинки. Краска, смоченная маслом, не должна иметь сухих крупинок и не быть жидкой.

Разведенную краску наносят тонким равномерным слоем при помощи тампона, сделанного из чистой ветоши, на рабочую поверхность контрольной плиты или линейки кругообразными движениями (рис. 5.81).

Первую проверку шабруемой поверхности можно делать при наличии более толстого слоя краски. Но по мере шабрения и приближения поверхности к сплошной тушевке в виде мелких пятен, следует накладывать все более тонкий слой.

Для окончательной проверки краску наносят в виде легкого налета по всей контрольной поверхности. Употреблять скипидар для тушевки не рекомендуется, так как он сильно разжижает краску.

Независимо от того, какую поверхность проверяют, краску наносят только на контрольную поверхность, а не на проверяемую поверхность.

#### 5.11.4. Способы и приемы шабрения

При работе плоским прямым шабером рабочим ходом является движение вперед от работающего (шабрение от себя),

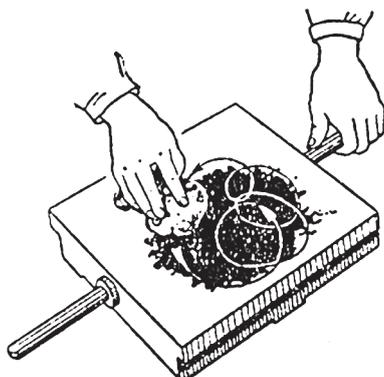


Рис 5.81. Нанесение краски на поверочную плиту

плоским шабером с отогнутым вниз концом - движение на работающего (шабрение на себя), а трехгранным шабером - боковое движение.

При обработке плоской поверхности от себя шабер, удерживаемый правой рукой за рукоятку, устанавливают под углом  $20-30^\circ$  к поверхности (рис. 5.82), а левой рукой нажимают на конец шабера вблизи режущей кромки и двигают его вперед (рабочий ход) и назад (холостой ход). Для работы плоским прямым двусторонним шабером в правую ладонь руки берут жгут ветоши такой величины, чтобы пальцы могли смыкаться с большим пальцем, и в эту ветошь по центру ладони упирают при работе лезвие шабера, удерживая его в рабочем положении под углом  $20-30^\circ$  к поверхности пальцами правой руки.левой рукой держат шабер за стержень, за цевье, прижимают к обрабатываемой поверхности и направляют его движение.

Шабрение на себя выполняют при отделочной обработке точных поверхностей. При таком способе шабер менее склонен к заеданию и задирам, поверхность получается более чистой, легче регулировать давление. В конце каждого рабочего хода шабер отделяют от обрабатываемой поверхности, только при этом условии удастся получить гладкую и точную поверхность. Если шабер остается в конце рабочего хода под стружкой, на обрабатываемой плоскости остаются уступы, заусенцы и поверхность получается неровной.

**Подготовка поверхности.** Перед шабрением деталь обрабатываемой поверхностью необходимо выставить по высоте на уровне бедра рабочего, выровнять в горизонтальной плоскости, необходимо обеспечить устойчивость детали к прилагаемым усилиям рабочего (без колебаний и вибраций) и воз-

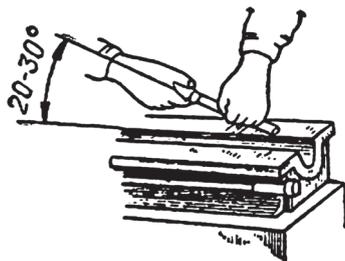


Рис. 5.82. Приемы шабрения плоским прямым шабером

возможность обхода детали с разных сторон, а также хорошую освещенность обрабатываемой поверхности.

Поверхность изделия, предназначенная для шабрения, не должна иметь выступов, так как их очень трудно и долго удалять шабером.

Припуск на шабрение должен быть в пределах 0,1–0,5 мм, в зависимости от длины и ширины обрабатываемой поверхности. Чем длиннее и шире поверхность, тем больше должен быть припуск.

Если подлежащая шабрению плоскость имеет большие неровности или износ достигает 0,5–0,8 мм на длине 1000 мм, ее предварительно обрабатывают на строгальном, фрезерном или шлифовальном станке или опиливают напильником. Поступающие на шабрение детали после механической обработки на станках обязательно опиливают. При этом снимают по контуру обрабатываемой поверхности острые кромки и заусенцы и высокие места, доступные напильнику после первой проверки «по краске».

Для опиливания и при шабрении громоздких деталей поперечную линейку или плиту с нанесенной краской накладывают на обрабатываемую поверхность и передвигают вдоль и поперек без нажима; при обработке легких деталей их накладывают на плиту с нанесенной краской и передвигают вдоль и поперек без нажима. Накладывать и снимать линейку (плиту) надо в строго отвесном направлении. Поверхность считают подготовленной к шабрению, если при наложении на нее лекальной линейки образуется ровный просвет не более 0,05 мм.

Шабрение плоских поверхностей состоит из трех переходов:

- предварительного (чернового), при котором удаляют наиболее выступающие места и риски предшествующей обработки;
- чистового (местного), служащего для увеличения количества точек, лежащих в одной плоскости;
- окончательного (разбивки), при котором отделяют выступающие места на шабренной поверхности.

Качество шабрения проверяют подсчетом количества пятен на площади 25 x 25 мм путем наложения на проверяемую поверхность квадратной рамки (рис. 5.83). Рамку делают из тонкого листового металла или тонкого картона. Количество пятен берут как среднее из нескольких проверок на различных участках обработанной поверхности.

**Предварительное (черновое) шабрение.** При этой операции вначале снимают следы и риски предшествующей механической обработки длинными ходами шабера, гонят стружку, под углом  $35-45^\circ$  к направлению этих следов.

Чугун шабруют всухую. При шабрении стали или других твердых металлов применяют мыльную воду или керосин, в которые периодически погружают шабер. Длина рабочего хода шабера 10–15 мм.

Направление шабрения необходимо изменять так, чтобы штрихи последующего шабрения были под углом  $90^\circ$  к направлению штрихов предыдущего шабрения. Когда риски предшествующей обработки не будут видны простым глазом, на обрабатываемую поверхность накладывают поперечную плиту или линейку, предварительно покрытую тонким слоем краски. Отметки краски (тушевки) выявляют выступающие места поверхности. Эти места необходимо снова шабрить.

Повторение этой схемы шабрения приведет к постепенному выравниванию поверхности. Предварительное шабрение заканчивают, когда вся поверхность при нанесении на нее краски покрывается крупными пятнами краски - до четырех пятен на площади  $25 \times 25$  мм.

**Чистовое шабрение**, называемое также местным или точечным, увеличивает количество несущих точек на обрабатываемой поверхности.

При чистовом шабрении поверхность обрабатывают шаберами шириной не более 15 мм при длине рабочего хода от 5 до 10 мм. После этой операции число пятен на обрабатываемой поверхности площадью  $25 \times 25$  мм должно быть от 8 до 16. Это достигается тем, что глубина резания меньше, чем при черновой обработке и количество точек увеличивается за счет срезания вершин предшествующей обработки. Это

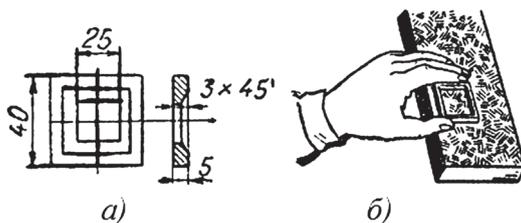


Рис. 5.83. Проверка поверхности после шабрения при помощи рамки: а - рамка; б - метод проверки

может привести к слиянию отдельных пятен в массивы, которые примерно равномерно будут расположены по обрабатываемой поверхности.

**Окончательное шабрение** (разбивка пятен) заключается в том, что все наиболее крупные пятна делят коротким неглубоким ходом шабера на мелкие. При этом мелкие пятна остаются нетронутыми.

Процесс шабрения необходимо вести так, чтобы поверхность, приближаясь к окончательному виду, имела в среднем равное число пятен на квадрат 25 x 25 мм как посередине, так и по краям. После ряда проверок при разбивке пятен на поверхности появляются блестящие пятнышки, соответствующие выступающим частям, которые при трении о контрольную плиту приобретают металлический блеск. По мере улучшения поверхности в результате шабрения одновременно с увеличением числа затушеванных пятен увеличивается также число блестящих пятен, а величина их приближается к величине затушеванных. Наличие блестящих пятен указывает на наиболее высокие части поверхности, поэтому при разбивке пятен краска не имеет такого важного значения, как при предварительном шабрении. Но ее присутствие на контрольной поверхности является обязательным, так как она уменьшает трение и служит смазкой. Кроме того, на проверяемой поверхности краска создает фон, на котором легко выделяются пятна, имеющие металлический блеск.

Разбивают главным образом блестящие пятна, снимая их в первую очередь. Чем больше на поверхности блестящих пятен, тем точнее шабрение.

После окончательного шабрения поверхность должна иметь на площади 25 x 25 мм от 20 до 25 пятен.

**Отделочное (декоративное) шабрение**, часто называемое нанесением "мороза", выполняют для улучшения внешнего вида поверхности. Точность в результате этой операции не повышается. Производят его шаберами с изогнутым концом. Так как такой шабер врезается на глубину 3 мкм, по истиранию мороза на направляющих плоскостях можно судить о величине их износа.

## 5.12. ПРИТИРКА И ДОВОДКА

Притиркой называют обработку поверхностей детали притиром - инструментом из мягких материалов с нанесенным

Т а б л и ц а 5.6

**Состав паст ГОИ, %**

Наименование составляющих	Грубая	Средняя	Тонкая
Оксид хрома (прокаленная)	81	76	74
Силикагель (кремнезем)	2	2	1,8
Стеариновая кислота	10	10	10
Расщепленный жир	5	10	10
Олеиновая кислота	2	2	2
Двууглекислая сода	-	-	0,22
	Темно-зеленый (почти черный)	Темно- зеленый	Светло- зеленый

на его поверхность мелкозернистым абразивным порошком или пастой, с помощью которых с обрабатываемой поверхности удаляют слой металла или пленки его окислов. Для этих операций на поверхности деталей оставляют припуски до 0,01–0,02 мм. Толщина слоя металла, снимаемого притиром за один проход, не превышает 0,002 мм. Притирку применяют для получения соединений точных геометрических форм с высокой чистотой поверхности (зубчатые колеса, клапаны, сальники, втулки, краны и др.). В качестве притирочных материалов используют пасты ГОИ, в состав которых входят оксид хрома (74–81%), кремнезем, стеарин и др. К инструментам для притирки относятся диски, цилиндры, конусы, плиты, бруски, кольца, изготовленные по форме притираемых деталей. Притиры изготовляют из стекла, мягкого чугуна, мягкой стали, меди, латуни, свинца, древесины.

Притирка и доводка являются чистовыми отделочными операциями при обработке поверхностей. Точность, достигаемая при этих видах обработки, составляет 0,001–0,002 мм.

Притиркой получают соединения, непроницаемые для жидкостей и газов (краны, клапаны с гнездами, плунжеры с гильзами), доводкой чаще всего исправляют незначительные деформации, происшедшие при термической обработке.

**5.12.1. Притирочные материалы**

В качестве режущего материала для притирки используют абразивные порошки:

- шлифзерно с зернистостью от № 200 до № 16;
- шлифпорошки с зернистостью от № 12 до № 16;
- микропорошки или минутники с зернистостью от М40 до М5.

К порошкообразным абразивам, применяемым для притирки, относят электрокорунд, крокус (окись железа), венскую известь, окись хрома, наждак (окись алюминия), карборунд, алмазную пыль.

Наиболее твердым притирочным абразивом является алмазный порошок, им притирают твердые закаленные изделия. Следующий по твердости идет карборунд, далее корунд, наждак и крокус. Чаще всего для притирки применяют наждак. Толченым стеклом притирают детали из чугуна и бронзы.

Для обычных слесарных работ употребляют порошки № 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3. Для притирки лекал, шаблонов, мерительных плиток применяют микропорошки. Их обозначают буквой М (микро) и цифрой, показывающей размер зерна в микронах.

Обработку абразивно-доводочными материалами начинают с крупных порошков, а для получения более гладкой поверхности ее заканчивают микропорошками.

Процесс притирки сухими порошками малопроизводителен, так как окисная пленка на притираемой поверхности образуется довольно медленно. Поэтому притирать следует абразивными порошками, смоченными какой-либо жидкостью, окисляющей поверхность металла. Небольшая добавка олеиновой кислоты или сульфозрезола увеличивает доводочный эффект в 1,5–2 раза.

Абразивный порошок, смешанный с окисляющей жидкостью и связывающим материалом, представляет собой притирочную пасту. Лучшими притирочными пастами являются пасты ГОИ (Государственный оптический институт), которые делят на грубые, средние и тонкие (табл. 5.6). Они выпускаются в виде кусков цилиндрической формы или пластин.

Грубую пасту применяют для снятия слоя металла, измеряемого десятymi долями миллиметра (удаление следов обработки строганием, шлифованием, опилованием, грубым шабронением); среднюю пасту - для снятия слоя, измеряемого сотыми и тысячными долями миллиметра (получение полужеркальной блестящей поверхности после ее обработки грубой пастой), тонкую пасту - для придания поверхности зеркального блеска (декоративное полирование).

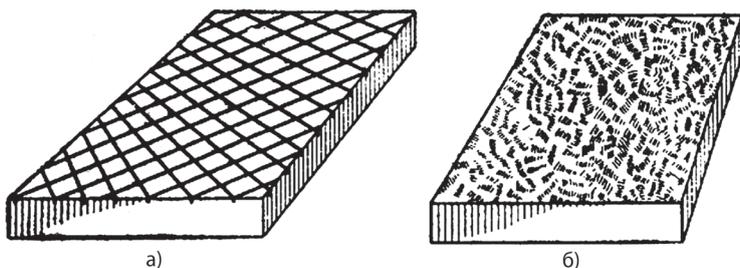
### 5.12.2. Притиры

Притиры, используемые для притирки поверхностей деталей, должны иметь форму, соответствующую конфигурации притираемой поверхности. Материал притиров должен быть мягче материала обрабатываемого изделия. Изготавливают их из чугуна, мягкой стали, красной меди, латуни, свинца, твердого дерева. Наиболее часто пользуются притирами из чугуна, красной меди и латуни. Свинец и дерево употребляют лишь для наведения блеска после того, как притиркой изделию приданы окончательные размеры.

Перед притиркой поверхности притиров покрывают абразивным порошком, зерна которого вдавливаются в поверхность притиров. Этот процесс называют *шаржированием притира*.

Шаржируют притиры двумя способами: до начала процесса притирки или непосредственно в процессе притирки. Шаржирование до начала притирки состоит в том, что на плоский притир насыпают очень тонкий и ровный слой абразивного порошка или пасты, а затем сильно вдавливают их стальным бруском или прикатающим роликом.

Для шаржирования цилиндрических притиров берут твердую стальную плиту, насыпают на нее тонкий ровный слой абразивного порошка (или наносят слой пасты) и по ней катают цилиндрический притир, прижимая его так, чтобы абразивный материал вдавливался в его поверхность. При этом следует обращать внимание на то, чтобы поверхность притира была равномерно покрыта абразивным материалом и после-



**Рис. 5.84. Притиры для обработки плоскостей:**

а - плита с канавками для грубой притирки; б - плита для чистовой притирки

Т а б л и ц а 5.7

**Толщина перемычки  $h$  в зависимости от диаметра притираемого отверстия**

Диаметр $D$ притираемого отверстия, мм	30—45	45—65	65—85	85—100	Св. 100
Толщина $h$ перемычки, мм	6	7	8	9	10

дний был с одинаковой силой вдавлен в притир.

Для шаржирования притира в процессе притирки сначала притираемую поверхность изделия покрывают равномерным слоем абразивного порошка или пасты и затем начинают притирку. Во время притирки абразив вдавливается в притир. Этот способ дает меньшую точность по сравнению с предыдущим.

Чем тверже абразивный порошок, тем тверже берут материал для притира. При выборе материала для притира необходимо иметь в виду следующее. Притиры, изготовленные из мягкого материала (медь, свинец), лучше всего удерживают крупные зерна абразива, а из твердого материала (чугун) - мелкие зерна. Поэтому для мягких притиров в качестве абразивов применяют наждак, корунд, карборунд, а для твердых притиров - крокус, окись хрома, пасты ГОИ.

Для притирки твердых материалов следует применять более твердые притиры, так как мягкие при этом быстро изнашиваются.

В качестве притиров, используемых с пастами ГОИ, могут служить оптическое стекло или зеркальное стекло толщиной 30–40 мм.

При предварительной притирке, когда снимают относительно большой слой металла, необходимо применять более твердые притиры.

Вновь шаржированным притиром работают до полного его затупления. Во время притирки добавлять на него абразивный материал не рекомендуется потому, что абразив, который не вдавлен в притир и находится в свободном состоянии между притиром и притираемой поверхностью, снижает точность операции.

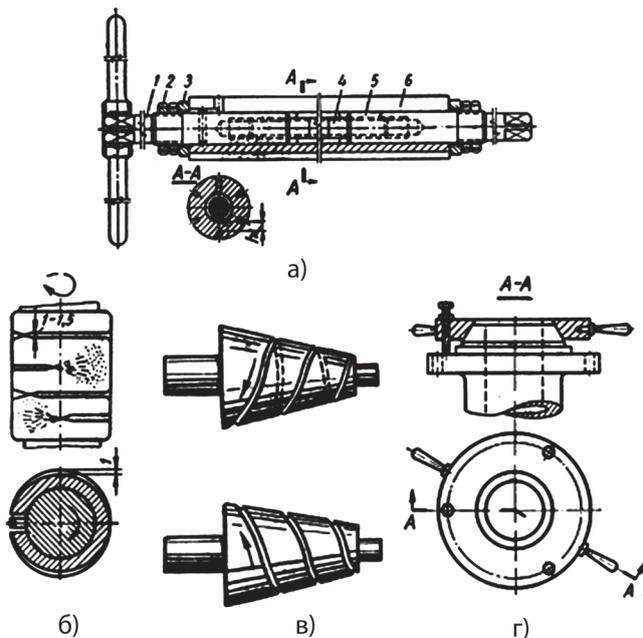
В процессе работы необходимо следить за тем, чтобы поверхности притира не забивались, не покрывались грязью и имели правильную форму (рис. 5.84). Для равномерного износа притира работать надо всей его поверхностью. Восстанавливают изношенные притиры точным строганием,

шабрением, обтачиванием и шлифованием.

Разрезной притир для глубоких цилиндрических отверстий (рис. 5.85, а) состоит из чугунной разрезной гильзы 6 с отверстием в центре. Это отверстие выполнено конусным, с расширением от середины к концам гильзы. В отверстие вставлены оправки 1 и 5, соединенные шпилькой 4.

В процессе притирания диаметр гильзы постепенно увеличивают за счет дальнейшего сближения оправок. Для этого отпускают гайки 2 и 3 и поворачивают оправку 1 относительно оправки 2 на угол, увеличивающий диаметр разрезной оправки на 0,05 мм.

Притир можно устанавливать на вертикально-сверлильном или радиально-сверлильном станке. В этом случае оправку 1 шарнирно соединяют со шпинделем станка. Длину гильзы делают на 20–30% больше глубины притираемого отверстия, а



**Рис. 5.85. Притиры для обработки отверстий:**

а - разрезной для глубоких цилиндрических отверстий; б - цилиндрический с канавками для равномерного распределения притирочной пасты по длине; в - для конических отверстий; г - для конических поверхностей фланцев

толщину перемычки  $h$  выполняют различной, в зависимости от диаметра притираемого отверстия (табл. 5.7).

На рабочей поверхности цилиндрических притиров часто делают спиральные канавки. Особенно удобны притиры с эксцентричными канавками (рис. 5.85, б). Выходы этих канавок распределены равномерно, поэтому паста, выжимаясь при работе из канавок, равномерно распределяется по всей длине обрабатываемого отверстия.

Конические отверстия притирают притирами, приведенными на рис. 5.85, в.

Притир для конических поверхностей фланцев (рис. 5.85, г) имеет три упорно-регулирующих болта. Эти болты устанавливают при помощи щупа с зазором между торцом болта и поверхностью фланца  $\approx 0,1$  мм. Притирают деталь поворотом притира за рукоятки вправо-влево. Болты не позволяют притиру перекашиваться. Когда болты начнут касаться фланца, их вывинчивают и снова устанавливают по щупу с зазором 0,1 мм и т.д. до окончания притирки.

### 5.12.3. Способы и приемы притирки

**Притирка (доводка) плоских поверхностей.** Эту операцию обычно выполняют с применением минерального масла, технического сала, керосина, бензина. Притирать или доводить всухую не рекомендуется, так как абразивный порошок при этом распределяется неравномерно и, кроме того, детали нагреваются и может произойти их коробление.

Различные притиры требуют различной смазки. Для притиров из чугуна в качестве смазки берут керосин или бензин, из мягкой стали - машинное масло, из меди - машинное масло, спирт и содовую воду. Стальные детали притирают с применением машинного масла и технического сала, бронзовые - сала, чугунные - керосина. При особо высоких требованиях к качеству стальной поверхности применяют венскую известь, разведенную в спирте, или крокус в вазелине. Алюминий притирают трепелом, разведенным в толуоле со стеариновой кислотой или в деревянном масле.

Плоские несопрягаемые поверхности чаще всего притирают вручную на неподвижных притирочных плитах.

Притирочные плиты для предварительной притирки снабжают продольными и поперечными канавками (рис. 5.84, а). Эти канав-

ки выполняют шириной и глубиной 1–2 мм на расстоянии 15–20 мм друг друга. Канавки предназначены для сбора снимаемой стружки металла и выпадающих из поверхности плиты зерен абразива. Плиты для окончательной притирки канавок не имеют. Притирка на плитах дает очень точные результаты, поэтому на них притирают детали, требующие особо высокой точности, в частности, лекальные линейки, шаблоны, калибры, плитки.

Для притирки деталей плиту шаржируют абразивом или наносят на нее тонким равномерным слоем смешанный с маслом абразивный порошок.

Поверхность под притирку тщательно готовят. Лучшие результаты дает предварительное шлифование. Припуск на притирку оставляют не более 0,02 мм (большие припуски увеличивают трудоемкость).

Обрабатываемое изделие кладут притираемой поверхностью на плиту и с легким нажимом перемещают его круговыми в сочетании с прямолинейными движениями по всей поверхности плиты. При этом выступающие острые ребра частиц абразива, находящиеся на притире, срезают с изделия очень тонкий слой металла. Нажим на изделие должен быть равномерным и несильным. Необходимо следить, чтобы не было сильного нагрева детали. Если деталь нагрелась, то притирку приостанавливают и дают изделию остыть.

Узкие поверхности и тонкие изделия (шаблоны, угольники, линейки) притирают при помощи металлического бруска, который прижимают к детали сбоку и вместе с ней перемещают по притиру. Такие бруски служат направляющими, без них трудно удержать изделие в вертикальном положении.

Притирку со сменой слоя абразивной массы повторяют несколько раз, пока обрабатываемая поверхность не достигнет необходимого качества.

Окончательную притирку для придания поверхности блеска производят на одном масле с прибавлением остатков абразивного порошка от предварительной притирки.

Для притирки плоских поверхностей, кроме плит, применяют различные приспособления.

Например, ряд плоских изделий притирают при помощи медных и чугунных вращающихся дисков. На плоскости диска имеются радиальные канавки, расположенные на расстоянии 30–50 мм одна от другой. Для притирки на вращающихся дисках существуют специальные станки. Иногда диск закрепляют на

шпинделе шлифовального станка. Притирка при помощи вращающегося диска менее точна, чем притирка на плите. Поэтому чаще применяют ее лишь для предварительной обработки.

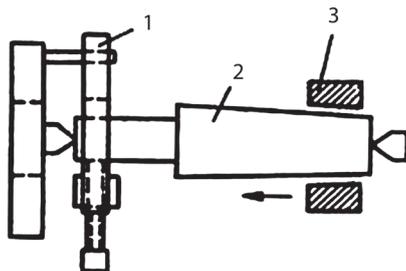
Весьма высокую точность дает притирка на стеклянных плитках, которые применяют для окончательной доводки калибров, плиток и т.п. В этом случае часто притирку ведут на одном масле, а порошком служат остатки порошковой пыли на плоскостях изделия от предварительной притирки или паста ГОИ.

Механизированную притирку с успехом применяют при ремонте направляющих станины вместо окончательного шабрения (чаще всего при ремонте продольно-строгальных станков). На предварительно пришабренные направляющие наносят слой пасты ГОИ (грубой), накладывают стол станка, являющийся в данном случае притиром, и приводят его в движение от редуктора станка. Через 8–10 двойных ходов изношенную пасту удаляют и направляющие промывают керосином. По мере притирки на направляющих появляются матовые пятна, характеризующие снятие металла в этих местах. К концу притирки (через 5–7 ч) поверхность направляющих станины получает на 90% матовый оттенок с проблесками редких светящихся пятен. На этом притирку заканчивают, тщательно промывают и разбивают пятна шабером, что предохраняет направляющие от задиров при работе станка.

**Притирка конических и цилиндрических поверхностей.**

Внутренние конические поверхности притирают притирами-пробками (рис. 5.85, б), наружные - коническими кольцами (рис. 5.86), детали кранов и клапанов - сопрягающимися поверхностями без применения специального притира.

Притираемые поверхности предварительно протачивают на



**Рис. 5.86.** Притирка кольца к конусу на токарном станке:  
1 - хомутик; 2 - пробка; 3 - кольцо

станке с возможно большей точностью: следы резца должны быть почти незаметными. Перед притиркой проверяют, равен ли конус гнезда конусу пробки. Для этого мелом на пробке делают три долевые черты, вставляют пробку в гнездо до отказа и поворачивают ее 2–3 раза. Если конус пробки соответствует кольцу, то с соприкасающихся поверхностей полоски мела стираются начисто. Если для притирки используют притиры, то каждую из сопрягающихся деталей проверяют также по притиру.

Коническую поверхность при помощи притира притирают следующим образом. На притир (рис. 5.85, б) наносят ровным слоем смазку с разведенным в ней абразивным порошком (или пасту ГОИ), вводят притир в отверстие и сообщают ему вращение вокруг оси вручную воротком или коловоротом. После 10–12 движений вынимают (снимают) притир, насухо вытирают его и притираемую поверхность, после чего повторяют операцию притирки до тех пор, пока вся обрабатываемая поверхность будет иметь матовый или глянцевый цвет.

Для притирки кольца к пробке на токарном станке (рис. 5.86) пробку 2 ставят в центр и на нее надевают кольцо 3 (пробка при вращении не должна иметь биения). Затем на вращающуюся пробку, смазанную маслом и посыпанную абразивным порошком, надвигают кольцо, не давая последнему вращаться. Периодически кольцо отводят назад и снова надвигают на пробку до отказа. Нажимать очень сильно при этом нельзя, нужно только придерживать кольцо на вращающейся пробке так, чтобы она сидела плотно. Через 2–3 мин на поверхности пробки становится видна матовая полоска, которая постепенно увеличивается. Когда ее ширина становится равной толщине кольца, притирку заканчивают.

Для притирки пробки крана к коническому гнезду первую смазывают маслом и посыпают толченым стеклом или смазывают средней пастой ГОИ. Затем пробку вставляют в гнездо и вращают ее то в одну, то в другую сторону, следя за тем, чтобы притирание происходило по всей поверхности пробки и всей поверхности отверстия. При поворачивании вправо на пробку слегка давят, а при повороте влево ее приподнимают вверх. Чтобы притиралась вся поверхность одинаково, повороты вправо делают несколько большими, чем повороты влево, при этом пробка постепенно поворачивается в гнезде. В процессе работы поверхность пробки посыпают толченым стеклом или смазывают пастой ГОИ.

Стекло толкут в ступке до получения стеклянного порошка

в виде муки, после чего просеивают через мелкое сито. Годным порошок считают тогда, когда в нем нет твердых частиц.

При попадании в процессе работы между притирающимися плоскостями твердых частиц во избежание задира работу немедленно приостанавливают, вынимают пробку и очищают ее от порошка.

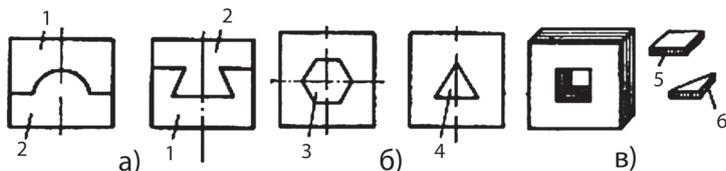
### 5.13. ПРИГОНКА И ПРИПАСОВКА

Для пригонки одной детали к другой необходимо, чтобы одна из них была совершенно готовой, по которой пригоняют другую. В этой операции наиболее существенным препятствием являются острые ребра и углы припиливаемых поверхностей. Их подправляют до тех пор, пока пригоняемые детали не будут свободно входить одна в другую. Если соединения нельзя проверить на просвет, то их припиливают «по краске».

При любых пригоночных работах нельзя оставлять острых ребер и заусенцев на деталях, их нужно сглаживать личным напильником.

Окончательную пригонку деталей - точную, без просветов, качки и перекосов - называют припасовкой. Припасовывают обычно шаблоны, контршаблоны, штамповый инструмент (пуансоны, матрицы) и другие изделия. У шаблона и контршаблона рабочие части припасовывают так, чтобы при соприкосновении их припасованных сторон между ними не было никакого зазора при любой из возможных взаимных перекантовок (перевертываний со стороны на сторону) шаблона и контршаблона.

Припасовывать можно полузамкнутые и замкнутые контуры (рис. 5.87; а, б), которые называют проймами. Правильность их контуров проверяют мелкими калибрами-шаблонами, изготавливаемыми самими слесарями. Такие мелкие проверочные инструменты называют выработками (рис. 5.87, в).



**Рис. 5.87. Проймы:**

- а - полузамкнутая; б - замкнутая; в - квадратная; 1 - шаблон;
- 2 - контршаблон; 3 - шестигранная; 4 - трехгранная; 5 - вкладыш;
- 6 - выработка

## ЧАСТЬ II

# СЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Слесари - специалисты, которые следят за техническим состоянием машин, обслуживают их с тем, чтобы машины постоянно находились в работоспособном состоянии. В случае нарушения машинами выполнения своих функций, отказов в работе или поломок и т.д. эти специалисты проведением работ по восстановлению деталей и ремонтных работ могут восстановить их работоспособность.

### ГЛАВА 1

## ТРЕНИЕ И ИЗНОС МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

### 1.1. ТРЕНИЕ В МЕХАНИЗМАХ

#### 1.1.1. Основные понятия и законы трения

Трением называется сопротивление относительно перемещению соприкасающихся и взаимодействующих тел, возникающее в зоне их контакта.

Вектор силы трения, лежит в касательной плоскости к трущимся поверхностям и направлен против скорости относительного движения.

Сила трения покоя имеет место до начала движения при действии сдвигающей силы. Величина неполной силы трения покоя равна приложенной сдвигающей силе; величина полной силы трения равна предельному значению сдвигающей силы, при котором может начаться относительное движение тел.

Сила трения движения возникает при относительном движении тел. Ее величина не зависит от движущей силы, пре-

вышение которой над силой трения вызывает ускорение движения тела.

Величины силы трения движения и предельной силы трения покоя при скольжении зависят от следующих факторов:

- а) нормальной силы;
- б) удельного давления на трущихся поверхностях;
- в) скорости относительного движения;
- г) материалов трущихся тел;
- д) гладкости трущихся поверхностей;
- е) смазки и загрязнения трущихся поверхностей.

Величина силы трения качения кроме перечисленных факторов зависит еще от радиусов кривизны поверхностей в месте их соприкосновения.

### 1.1.2. Виды трения

По характеру относительного движения трущихся тел различают:

1. **Трение скольжения**, которое может возникнуть при соприкосновении тел по поверхности, по линии или в точке. Под линейчатым понимается касание по малым площадям, протяжённость которых в одном направлении практически мала и зависит от смятия поверхностей. Под точечным подразумевается касание по еще меньшим площадям, имеющим во всех направлениях малую протяжённость, зависящую от смятия поверхностей.

2. **Трение качения**, возникающее при перекаtywании одного тела по другому. Касание тел может быть линейчатым (по прямой) или точечным. Мгновенная ось вращения одного тела относительно другого при чистом качении совпадает с прямой касания или проходит через все точки касания.

3. **Трение верчения**, которое может появиться при точечном соприкосновении (обычно в одной точке). Площадь касания мала и зависит от смятия поверхностей. Относительное движение тел вращения вокруг оси, проходящей через точку касания по нормали к соприкасающимся поверхностям.

На практике часто один вид трения сопровождается другим. По характеру смазки трущихся поверхностей различают:

- чистое трение при отсутствии на трущихся поверхностях следов посторонних веществ (в механизмах не встречается, может быть получено в вакууме);
- сухое трение при отсутствии смазки (в механизмах воз-

можно при хорошей изоляции трущихся поверхностей от системы смазки;

– полусухое трение, сочетание сухого и граничного (смазка в порах поверхностей);

– граничное трение при очень тонкой масляной пленке (0,1 мкм и менее), прочно удерживающейся на трущихся поверхностях (смазка ненасыщенным туманом);

– полужидкостное трение - сочетание жидкостного и граничного;

– жидкостное трение, когда трущиеся поверхности полностью разделены слоем смазки.

Попадание достаточного количества смазки в зазор между трущимися поверхностями обеспечивается:

а) самозатягиванием при достаточной скорости движения и при наличии соответствующих поверхностей, образующих масляный клин в сочетании с явлением капиллярности;

б) подачей смазки в зазор под давлением, что обеспечивает жидкостное трение при скольжении малой скорости относительного движения поверхностей (применяется, например, для смазки направляющих некоторых станков).

### 1.1.2.1. Трение скольжения

Трение скольжения за исключением жидкостного характеризуется формулами (рис. 1.1).

Если силы, приложенные к телу А, стремятся его сдвинуть (или же двигают) по опорной поверхности В, то в месте контакта помимо нормальной составляющей реакции N возникает касательная составляющая Т, направленная против движения действительного или возможного, обусловленная шероховатостью и называемая *силой трения*. Наибольшая величина силы

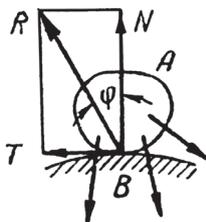


Рис. 1.1. Схема взаимодействия сил при скольжении тел

сухого трения пропорциональна нормальному давлению трущихся поверхностей друг на друга.

$$T_{\max} = fN \text{ или } T_{\max} \leq fN, \quad (1.1)$$

где  $f$  - коэффициент трения скольжения (безразмерная величина). Величина  $f$  зависит от материала и степени обработки (а также от температуры) трущихся поверхностей. В момент начала движения ( $T=T_{\max}$ )  $f$  имеет наибольшее значение (статический коэффициент трения или коэффициент трения при покое), после чего сразу несколько уменьшается, изменяясь в дальнейшем со скоростью сравнительно мало. При этом для большинства материалов  $f$  при увеличении скорости уменьшается.

Углом трения называется угол между полной реакцией  $R$  и нормальной реакцией  $N$ . При  $T=T_{\max}$  этот угол называется предельным углом трения. Обозначая его через  $\varphi$ , имеем  $\varphi = \text{arctg } f$ . Ориентировочные значения коэффициентов трения скольжения приведены в табл. 1.1.

### 1.1.2.2. Трение качения

Трение качения возникает при перекатывании круглого тела по поверхности качения.

При качении тела по поверхности другого (рис.1.2) к его оси должна быть положена сила  $P$  для преодоления сопро-

Т а б л и ц а 1.1

#### Значения коэффициентов трения скольжения

Материалы трущихся поверхностей	Коэффициент трения $f$			
	покоя		движения	
	насухо	со смазкой	насухо	со смазкой
Сталь — сталь	0,15	0,1 - 0,12	0,15	0,05 - 0,1
Сталь—мягкая сталь	—	—	0,2	0,1 - 0,2
Сталь — чугун	0,3	—	0,18	0,05 - 0,15
Мягкая сталь — чугун	0,2	—	0,18	0,05 - 0,15
Сталь — бронза	0,15	0,1 - 0,15	0,15	0,1 - 0,15
Мягкая сталь — бронза	0,2	—	0,18	0,07 - 0,15
Чугун — чугун	—	0,15	0,15	0,07 - 0,12
Чугун — бронза	—	—	0,15 - 0,2	0,07 - 0,15
Бронза — бронза	—	0,1	0,2	0,07 - 0,1

твления, выражаемого *моментом сопротивления при качении* (моментом пары трения качения):

$$m = kN, \quad (1.2)$$

где  $N$  - нормальное давление (в случае рис. 1.2  $N$  равна весу  $G$ );  $k$  - коэффициент трения качения (выражается в единицах длины), называемый также плечом пары трения.

Пара  $N'$  и  $N''$  с моментом  $m$  смещает нормальную реакцию  $N$  в сторону движения на расстояние  $k$ . Качение без скольжения имеет место, если  $f r > k$ .

Ориентировочные значения коэффициентов трения качения круглого тела по поверхности качения приведены в табл. 2.2.

### 1.1.2.3. Жидкостное трение

Жидкостное трение характеризуется формулой для силы внутреннего трения

$$F = \eta S v, \quad (1.3)$$

где  $\eta$  - абсолютная вязкость;  $S$  - площадь трущихся поверхностей;  $v$  - градиент скорости.

Абсолютная вязкость  $\eta$  по замеряемой относительной вязкости  $E$  в градусах Энглера определяется по формуле:

$$\eta = 10^{-6} \cdot \gamma \left( 0,737E - \frac{0,635}{E} \right) \text{кгсек/м}^2. \quad (1.4)$$

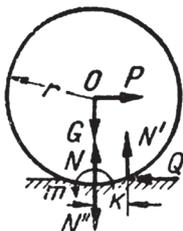


Рис. 1.2. Схема взаимодействия сил при качении тел

Т а б л и ц а 2.2

**Значения коэффициентов трения качения круглого тела по поверхности качения**

Материалы круглого тела и поверхности качения	Коэффициент трения k, см
Мягкая сталь— мягкая сталь	0,005
Закаленная сталь — закаленная сталь	0,001
Чугун — чугун	0,005
Дерево— сталь	0,03 - 0,04

Жидкостное трение обеспечивается, если несущая способность масляного слоя будет равна нормальной силе при заданной скорости относительного движения и при толщине масляного слоя, превышающей сумму высот неровностей на поверхностях трения. При небольшой шероховатости (с наибольшей высотой неровностей до 0,1 толщины масляного слоя) получаем надежное жидкостное трение с характером движения жидкости в зазоре, близким к ламинарному. При более шероховатых поверхностях трения и большой скорости относительного движения поверхностей движением жидкости в зазоре становится турбулентным, и потери на трение сильно возрастают. Получающийся вследствие этого нагрев масла в зазоре и снижение его вязкости создают опасность разрыва масляного слоя и нарушения жидкостного характера трения.

На практике приведенный коэффициент трения с учетом смазки определяют по формуле:

$$C_{\text{тр}} = \frac{n \times \eta}{p}, \quad (1.5)$$

где  $p$  - среднее удельное давление в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;  $\eta$  - вязкость масла в сантипаузах,  $n$  - частота вращения в об/мин.

**1.1.3. Моменты трения**

Моменты трения можно определить по формуле:

$$M_{\text{тр}} = Qfr, \quad (1.6)$$

где  $Q$  -приложенная нагрузка;  $f$  - коэффициент трения;  $r$  -

плечо, на котором приложена сила трения.

Моменты трения в подвижных соединениях машин, работающих при меняющихся режимах нагружения, определяются по формулам, учитывающим форму и шероховатость поверхностей деталей в зоне контакта, а также наличие смазки с учетом ее количества и вязкости. В расчетах вместо  $f$  - коэффициента трения используют  $f_{\text{пр}}$  - приведенный коэффициент трения, который учитывает условия работы трущейся пары (форму направляющих, наличие смазки и др).

Например, для V-образной направляющей приведенный коэффициент трения равен:

$$f_{\text{пр}} = \frac{f}{\sin \alpha}, \quad (1.7)$$

где  $\alpha$  - угол наклона боковой направляющей.

Для колеса тележки с наружным диаметром  $D$  (качение) и с подшипником скольжения на цапфе  $d$  приведенный коэффициент трения будет равен:

$$f_{\text{пр}} = \frac{d \cdot f + 2r}{D}. \quad (1.8)$$

Для подшипника скольжения при достаточном подводе смазки и средних кромочных давлениях момент трения можно определить по формуле:

$$M_{\text{тр}} = \left[ 3,4 \cdot 10^{-11} \frac{d^2}{\Delta} \ell \cdot n \cdot \eta \right] \frac{d}{2}, \quad (1.9)$$

где  $d$  и  $\ell$  - диаметр и длина подшипника скольжения в мм;  $\Delta$  - диаметральный зазор в посадке подшипника в мм;  $n$  - частота вращения в об/мин;  $\eta$  - вязкость масла в сантипаузах.

Для зубчатого зацепления момент трения можно определить по формуле:

$$M_{тр} = \left[ 10^{-4} c \cdot b \sqrt{v \cdot \eta} + 0,10 P_0 \right] \frac{d_0}{2}, \quad (1.10)$$

где  $P_0$  - окружное усилие в кг;  $d_0$ ,  $b$  - диаметр начальной окружности и ширина шестерни в мм;  $v$  - окружная скорость в м/сек;  $c$  - коэффициент, равный 3–6 при струйной смазке и 5–10 при смазке погружением на высоту зуба и доходящий до 50 при погружении на большую глубину.

Значения  $f$  и  $k$  для конкретных передач в подвижных соединениях машин даны в соответствующих разделах технической литературы, посвященной расчету деталей машин.

## 1.2. ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ В МЕХАНИЗМАХ

### 1.2.1. Виды износа

Износом называется постепенное поверхностное разрушение материала детали, сопровождающееся отделением от него частиц, переносом частиц на сопряженную поверхность детали, а также изменением качества поверхности - ее геометрии и свойств и поверхностных слоев материала.

В практике встречается *нормальный* и *катастрофический* износ. Нормальный износ может быть заранее оценен и учтен при планировании ремонтных работ, а катастрофический износ выводит машину из строя внезапно.

Уменьшение величины нормального износа и вероятности катастрофического дает увеличение общего срока службы машины, а также снижает стоимость и продолжительность ее ремонтов.

Износ происходит вследствие механического, теплового, химического и электрического воздействия на материал соприкасающегося с материалом трущегося тела, воздействия свободных твердых частиц другого материала или окружающей среды.

Износ, так же как и трение, связан со сложными, недостаточно изученными явлениями в поверхностных слоях материала.

**Истирание** наблюдается при относительном движении прижатых друг к другу поверхностей. На истирание расходуется часть энергии трения.

Процесс истирания объясняется следующими явлениями:

а) выступающие неровности соприкасающихся деталей при движении задевают друг за друга и механически отрывают частицы металла с поверхностей;

б) поверхности приходят на отдельных участках в молекулярное соприкосновение, как бы привариваясь друг к другу; при дальнейшем относительном движении происходит разрушение мест приварки, сопровождающееся отрывом приставших частиц с сопряженных поверхностей;

в) аморфные слои приработанных поверхностей в отдельных точках сильно нагреваются и размягчаются; при относительном движении поверхностей размягченные частицы переносятся со своих мест на значительные расстояния, по пути застывают и оказываются отделенными. При истирании может иметь место сочетание перечисленных явлений.

**Абразивный износ** наблюдается при попадании на трущиеся поверхности мелких частиц высокой твердости (абразива шлифовального круга, окалины, песка и т.д).

При *жидкостном* трении свободные частицы, имеющие размеры меньше толщины масляного слоя, оказывают сравнительно слабое влияние на износ поверхностей.

При *нежидкостном* трении, а также когда размер частиц превышает толщину масляного слоя, наблюдается интенсивный износ поверхностей. Следы износа имеют вид мелких продольных канавок.

Когда одна трущаяся поверхность имеет малую твердость, абразивному износу подвергается главным образом другая поверхность. Это объясняется более прочным удерживанием частиц абразива на менее твердой поверхности за счет того, что частицы под внешним давлением углубляются в менее твердую поверхность и удерживаются в ней, и, следовательно, происходит меньше движения частиц абразива относительно мягкой поверхности, чем относительно твердой.

**Задир**ы на поверхности проявляются в быстром образовании продольных канавок значительной глубины (до 1 мм и больше). Явление задиров для большинства машин относится к категории катастрофического износа. Процесс образования задиров объясняется сцеплением трущихся поверхностей в отдельных местах, вырыванием значительного количества металла с одной поверхности и появлением нароста на другой. При дальнейшем относительном движении поверхности

наросст вызывает появление задира и дальнейшего прогрессивного разрушения поверхности.

Большая опасность задира получается при поверхностях из одинаковых металлов. Попадание абразивных частиц может послужить самостоятельной причиной задира (при достаточно крупных частицах) или способствовать началу описанного выше процесса вследствие повышения удельного давления в точке, расположенной впереди зерна абразива, где происходит выпучивание металла.

**Усталостное выкрашивание** заключается в отслаивании частиц металла с трущихся поверхностей вследствие явления усталости при периодически изменяющихся нагрузках. Явление усталостного износа обычно наблюдается в высших кинематических парах, главным образом при обильной смазке. Последнее объясняется внедрением жидкости в микротрещины на поверхности, что способствует разрушению последней.

**Смятие**, постепенно возрастающее, наблюдается при недопустимо больших удельных давлениях или при плохо подогнанных, выставленных и обработанных, не прошедших предварительной приработки поверхностях.

**Коррозионный износ** является следствием химического или электрического воздействия среды; на интенсивность коррозии оказывает большое влияние нагрев поверхности детали, ускоряющий процесс износа.

Факторы, влияющие на износ трущихся поверхностей:

- а) материалы трущихся поверхностей и их термообработка;
- б) качество поверхностей трения;
- в) степень загрязнения мест трения;
- г) характер и род смазки;
- д) величина удельного давления;
- е) величина удельной работы трения;
- ж) скорость.

Обычно износ металлов получается тем меньше, чем выше их твердость. Поэтому для повышения износостойкости рекомендуется применять для поверхностей стальных и чугунных деталей термическую обработку, насыщение поверхностных слоев соответствующими веществами (цементация, азотизация), а также поверхностные покрытия износостойким материалом (например, хромом, твердым сплавом).

При необходимости для термообработки отдельных участков крупных стальных и чугунных деталей производится по-

верхностный нагрев нужных мест токами высокой частоты или газовым пламенем, а покрытие твердым сплавом производится методом электроэрозионной обработки.

### 1.2.2. Способы выражения величины износа

Износостойкость является эксплуатационным или служебным свойством материала, детали или сопряжения (трущихся поверхностей), поэтому износ может выражаться различными способами, ближе всего характеризующими их служебное назначение. Во многих случаях наиболее удобно выражать износ величиной уменьшения линейного размера тела в направлении, нормальном к поверхности (линейный износ). Если линейный износ  $\Delta h$  произошел на пути трения  $\Delta s$  за время  $\Delta t$ , то отношение  $\Delta h: \Delta s$  является «интенсивностью линейного износа», или «темпом линейного износа», а отношение  $\Delta h: \Delta t$  – «скоростью линейного износа».

### 1.2.3. Учет приработки

Во всех процессах трения и изнашивания важное значение имеет приработка в начале эксплуатации машины. Приработкой называется процесс постепенного изменения в результате изнашивания начальной микрогеометрии (ее величины и направления) и взаимного прилегания обеих поверхностей деталей до достижения стабильной шероховатости и постоянной величины прилегания.

В интенсивности изнашивания сопряжений деталей машин часто наблюдаются периоды приработки  $a$ , характеризующиеся повышенным размерным износом, и нормальной работы  $b$ , более устойчивой к износу (рис. 1.3).

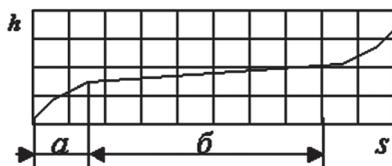


Рис. 1.3. Интенсивность износа на стадиях:  
а - приработки; б - нормальной работы

Во время приработки интенсивность изнашивания постепенно снижается. Одновременно с явлениями изменения шероховатости и увеличения поверхности прилегания часто в процессе приработки происходит изменение физико-механических свойств поверхностных слоев трущихся металлов, поскольку в контакте преобладают пластические деформации (главным образом вследствие наклепа).

Высота и характер макро- и микронеровностей на трущихся поверхностях оказывают большое влияние на первоначальную стадию износа и изменение размера детали после приработки, потому что при уменьшении площади контакта поверхностей, из-за макро- и микронеровностей, возникают более высокие контактные напряжения, чем при более полном их прилегании.

Применение отделочных операций (выхаживания, суперфиниширования, хонингования, шабрения, притирки, доводки и др.) при обработке трущихся поверхностей уменьшает высоту неровностей и позволяет обеспечить более полное их прилегание.

Улучшение поверхностей трения происходит также в процессе первоначальной приработки, которая для устранения опасности задиров часто производится на пониженных режимах работы.

Заданным внешним условиям трения (нагрузка, скорость, смазка и т.п.) соответствует определенное состояние приработанности; при утяжелении этих условий происходит дополнительная приработка поверхностей.

#### **1.2.4. Влияние условий работы на износ деталей**

Распределение износа между трущимися поверхностями, а также по их длине и ширине имеет большое значение для работы механизма, долговечности деталей и стоимости ремонта.

В каждой трущейся паре предпочтителен более сильный износ простой и легко заменяемой детали и менее сильный — сложной и дорогой. При конструировании машин это учитывается соответствующим выбором материалов: сложная деталь делается из более твердого металла и часто подвергается термической обработке и поверхностным покрытиям; бо-

лее простая деталь выполняется из более мягкого металла (например, втулки, вкладыши и т.д.).

Распределение износа по поверхности трения зависит от формы поверхности и условий работы пары.

Во вращательной паре с одним неподвижным и одним вращающимся элементами имеют место три следующих характерных случая распределения износа (а - подвижный вал, б - вал неподвижный).

*1. Нагрузка постоянного направления* - износ вращающегося элемента будет равномерным по всей поверхности, а неподвижного элемента - сосредоточен на одном участке поверхности (рис. 1.4). В результате ось вращения сместится в сторону местного износа, при этом положение ее центра вращения детали и ее балансировка не нарушаются. Неподвижным может быть как охватывающий, так и охватываемый элемент.

*2. Вектор нагружающей силы следует за движением вращающегося элемента* (рис. 1.5) - износ неподвижного элемента получается равномерным, износ вращающегося элемента - местным.

Ось вращения после износа поверхностей соприкосновения не изменит своего положения, но вращающаяся деталь сместится относительно нее в сторону местного износа, что может привести к заметному увеличению дисбаланса,

*3. Вектор нагружающей силы и подвижный элемент пары вращаются с различными угловыми скоростями* - износ обеих трущихся поверхностей получается равномерным (рис. 1.6).

К этому же случаю (рис. 1.6, в) относятся два вращающихся с различной скоростью элемента при постоянном направлении вектора нагружающей силы.

В двух первых случаях линейный суммарный износ может получиться меньшим, если из более износостойкого (твердого) материала будет изготовлена деталь с местным характером износа. Однако на практике обычно применяется обратное соотношение твердости поверхности материалов деталей по следующим соображениям:

– сочетание слабого равномерного износа  $\Delta_1$  одной детали с более сильным местным износом  $\Delta_2$  другой детали (рис. 1.7, а) не приводит к существенному нарушению характера контакта поверхностей.

Незначительное по величине уменьшение радиуса кривизны твердой равномерно изнашивающейся детали компенси-

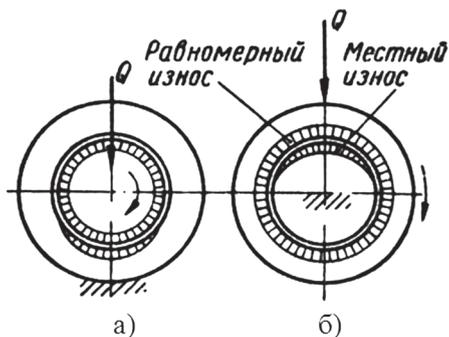


Рис. 1.4. Вращение при постоянной нагрузке

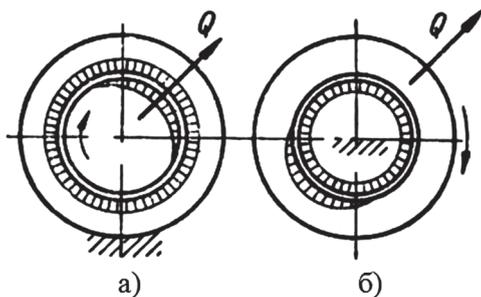


Рис. 1.5. Вращение с приложением вектора силы в одной точке

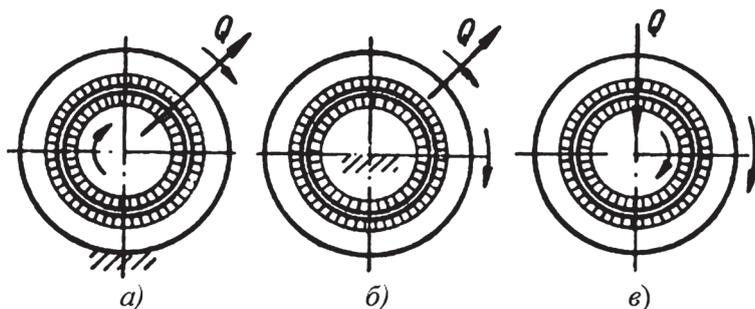


Рис. 1.6. Вращение вектора силы и подвижного элемента с разными угловыми скоростями

руется местным износом другой детали, при этом зона контакта  $\alpha$  (рис. 1.7, а) практически не уменьшается и удельное давление на поверхностях не возрастает.

Если же соотношение твердости поверхностей взять обратным рассмотренному, то сильный равномерный износ  $\Delta_1$  мягкой детали при слабом местном износе  $\Delta_2$  твердой детали приведет к значительному уменьшению зоны контакта  $\alpha$  (рис. 1.7, б), увеличению удельного давления и повышению интенсивности износа;

– замена детали с местным износом на новую восстанавливает нарушенное первоначальное положение оси вращения или положения центра вращения. Равномерное распределение износа в сочетании с большей твердостью металла обеспечивает незначительный износ более сложной и дорогой детали без нарушения в ней положения центра вращения изнашивающейся поверхности; местный характер износа в сочетании с мягким металлом концентрирует износ на менее трудоемкой, легко заменяемой детали (обычно втулка или вкладыш), отчего ремонт машины упрощается.

Третий случай (рис. 1.6, в) характеризуется наименьшей величиной линейного суммарного износа поверхностей. Смещения оси вращения вследствие износа здесь не произойдет, нарушение же положения центра вращения поверхности будет равно сумме радиальных износов обоих элементов. Удельная работа трения, приходящаяся на единицу площади поверхности и равная произведению силы трения на относительное перемещение поверхностей, будет одинакова и равномерно распределена по обеим поверхностям. Поэтому выбор соот-

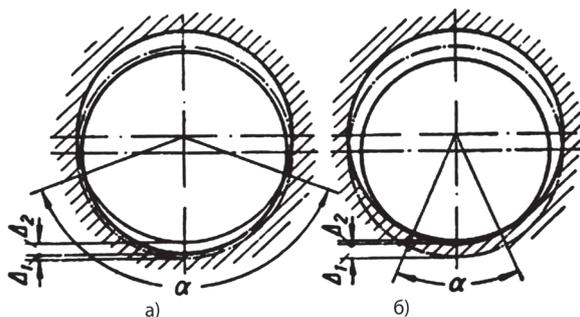


Рис. 1.7. Характер изменения зоны контакта

ношения твердости поверхностей деталей диктуется только желанием сконцентрировать износ на той или иной детали по соображениям удобства ремонта. Обычно в таких случаях обе поверхности стремятся выполнить с возможно большей износостойкостью.

Третий случай в чистом виде на практике встречается редко. Примером использования рассмотренного принципа может служить посадка неподвижного наружного кольца шарикоподшипника в корпус механизма с небольшим натягом; как установлено практикой, кольцо при работе постепенно поворачивается, обеспечивая равномерный износ дорожки, по которой катаются шарики.

В поступательной паре всегда наблюдается тенденция к неравномерному износу поверхностей в связи с тем, что отдельные участки последних периодически выходят из соприкосновения.

Неравномерный износ поверхностей со временем приводит к искажению их формы и нарушению правильного контакта. Чтобы ослабить это явление, следует для детали, имеющей равномерное или близкое к нему распределение удельной мощности сил трения, выбирать менее твердый материал, чем для сопряженной детали, работающей с сильно изменяющейся по длине удельной мощностью сил трения.

Постоянство режима работы пары облегчает борьбу с износом. Например, если вал работает с постоянным числом оборотов в минуту, имеется возможность выбрать для его подшипников оптимальный режим жидкостного трения; если же число оборотов в минуту меняется в пределах 1:50 (металлорежущие станки), становится невозможным обеспечить жидкостное трение в подшипниках на всем диапазоне скоростей вращения. В этом случае выгодно применять подшипники качения.

Режим работы кинематических пар нарушается при разбеге и выбеге машины. Наблюдениями установлено, что подшипники автомобильного двигателя за периоды разбега и выбега изнашиваются больше, чем за все время работы при установившемся движении. Одной из действенных мер борьбы с повышенным износом при разбеге машины является обильная подача смазки перед пуском машины насосом или ручным лубрикатором.

## **ГЛАВА 2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **2.1.1. Обеспечение работоспособности производственного оборудования**

Металлорежущие станки и другие механизмы в процессе эксплуатации в зависимости от интенсивности работы, нагрузки, влияния окружающей среды, качества технического обслуживания и ремонта постепенно изнашиваются.

Степень износа деталей станков влияет на частоту отказов, приводит к снижению точности обработки и производительности станка.

В целях поддержания оборудования в пригодном для эксплуатации состоянии и предупреждения преждевременного износа и поломок необходимо осуществлять качественное техническое обслуживание, уход и своевременный ремонт оборудования.

В зависимости от типа производства в целях поддержания оборудования в пригодном для эксплуатации состоянии (а) производится предупредительный ремонт, при котором производятся плановые остановки оборудования (например, автоматической линии, конвейера, технологического участка и т.п) для проверки оборудования, частичной разборки и замены деталей и т.п, или (б) в процессе эксплуатации оборудования производится систематическая диагностика его состояния,

по результатам которой принимаются решения о текущих и перспективных мероприятиях по ремонту.

Обеспечение правильной эксплуатации оборудования является важнейшей обязанностью всего производственно-технического персонала, в том числе инженерно-технических работников, рабочих и обслуживающего персонала.

Распределение обязанностей производственно-технического персонала для обеспечения работоспособности производственного оборудования на производственном предприятии обычно производится руководителем предприятия и заключается в распределении функций между структурными подразделениями производственного предприятия.

Основные обязанности производственно-технического персонала для обеспечения работоспособности производственного оборудования на предприятии обычно сводятся к следующему:

1) следить за тем, чтобы оборудование было всегда работоспособным и использовалось по назначению и обслуживалось компетентным персоналом;

2) владеть знаниями по устройству, работе, уходу за металлорежущими станками и иметь соответствующие навыки эксплуатации станков, на которых выполняется работа, или выполняется техническое обслуживание, наладка и ремонт;

3) владеть знаниями по безопасной работе на металлорежущих станках;

4) следить за чистотой рабочих мест и станков и не допускать захламленности станков, рабочей зоны и производственных помещений отходами и загромождения их заготовками;

5) следить за освещением рабочих мест и рабочей зоны станков;

6) следить за температурой и загазованностью окружающей среды, в которой осуществляется эксплуатация станков;

7) следить за техническим состоянием оборудования, своевременно выполнять техническое обслуживание и ремонт или замену заведомо работоспособным, не доводя оборудование до аварийных ситуаций.

## 2.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И ТЕКУЩЕМУ РЕМОНТУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, СТАНКОВ И МЕХАНИЗМОВ

Для предупреждения чрезмерного износа и неожиданных выходов оборудования из строя на каждом предприятии необходимо предусмотреть комплекс систематической работы по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту оборудования.

Систематически необходимо следить за техническим состоянием работающего оборудования, сопоставлять установленное и наработанное количество часов с тем, чтобы принять решение, какой необходимо провести его ремонт, не смотря на то, что оборудование еще находится в работоспособном состоянии.

С этой целью для финишных, отделочных и прецизионных металлорежущих станков предусматриваются проверки технологической точности.

Комплекс операций по техническому обслуживанию и ремонту оборудования (станков) делятся на следующие три группы:

- 1) межремонтное обслуживание;
- 2) периодические ремонтные операции;
- 3) плановые ремонты.

**Межремонтное обслуживание** включает операции по уходу за станком, проводимые ежедневно самими рабочими, обслуживающими станки, и дежурным персоналом ремонтной службы. К дежурному персоналу ремонтной службы относятся слесари-ремонтники, шорники, смазчики и электрики. При этом необходимо постоянно учитывать в журнале все причины простоев оборудования и выявленные при этом неисправности.

Рекомендуемая форма журнала приведена в табл. 2.1.

Текущие ремонтные операции проводятся в порядке наблюдения за состоянием оборудования и правильной его экс-

Т а б л и ц а 2.1

### Журнал учета неисправностей оборудования

Дата, время отказа или выявленной неисправности, время простоя	Наименование неисправности, характер проявления, дополнительные признаки	Принятые меры по устранению неисправности	Исполнитель работы
--	--	---	--------------------

плуатацией. В комплекс работ по межремонтному обслуживанию входит также регулировка отдельных узлов станка и устранение мелких неполадок.

Межремонтное обслуживание проводится, как правило, без простоя оборудования, для чего используются обеденные и другие перерывы в работе.

Рабочий сам должен следить за исправным состоянием оборудования, механизмов управления, ограждения, смазочных устройств, устранять мелкие неисправности и следить за чистотой своего рабочего места.

О всех выявленных отклонениях от нормальной работы станка, которые рабочий не может устранить самостоятельно, он должен немедленно сообщать мастеру или другому должностному лицу, отвечающему за производственный участок, и сделать соответствующую запись в журнале.

**Периодические ремонтные операции** включают:

– промывку оборудования, смену масла в картерах, проверку оборудования на точность и регулировку оборудования.

Промывке подвергаются все металлорежущие станки, но особенно строго и тщательно должны соблюдаться правила промывки станков, работающих с абразивным инструментом: шлифовальных, заточных, хонинговальных, полировальных и др.;

– проверку оборудования на технологическую точность. Проверки технологической точности металлорежущих станков предусматриваются для станков финишных и отделочных операций и прецизионных станков.

Перечень оборудования, подлежащего проверке на технологическую точность, и периодичность проверок устанавливает главный технолог завода, который согласовывает график с главным механиком и утверждает его у главного инженера. При проверке на технологическую точность предъявляются требования в соответствии с нормами, предусмотренными технической документацией (техническими условиями) на станок, но могут производиться не все предусмотренные проверки, а только часть из них, обеспечивающая необходимую точность обрабатываемых деталей. Для проверки на технологическую точность на каждый станок отделом главного технолога завода составляется карта (табл. 2.3), в которой отражаются проверяемые параметры станка. Методика проверки оборудования на технологическую точность может быть закреплена в стандарте предприятия.

Отклонения от требуемой точности, выявленные при проверке, устраняются немедленно, если для этого не требуется замены крупных деталей, исправления геометрической точности (прямолинейности, плоскостности) направляющих станка и если эти неточности не влияют на качество изготавливаемых деталей. Если выявленные отклонения от требуемой точности не влияют на качество изготавливаемых деталей и не могут быть устранены регулировкой, то их устранение производится при ближайшем плановом ремонте станка.

Проверка оборудования на технологическую точность, как правило, выполняется в нерабочее время с тем, чтобы на результаты проверки не влияло работающее оборудование, по установленному графику контролерами отдела технического контроля с помощью ремонтных слесарей и с участием производственного мастера. Одновременно могут быть задействованы технические средства диагностики. При проверке оборудования на технологическую точность производится регулирование и выверка отдельных узлов станка и проверка соответствия работы станка установленному для него классу точности. В зависимости от характера дефектов, выявленных в процессе проверки, они устраняются либо на месте ремонтными слесарями, либо в ремонте цехе.

Периодические осмотры оборудования проводятся ремонтными слесарями под руководством механика цеха по заранее составленному графику между **плановыми ремонтами**. При осмотрах выявляются все дефекты станка. Дефекты, не позволяющие нормально эксплуатировать станок до ближайшего планового ремонта, устраняются немедленно, а данные о других дефектах используются для подготовки к очередному плановому ремонту.

Периодичность осмотров устанавливается в зависимости от типа станка. Например, осмотр для универсальных токарно-винторезных станков производится через каждые 1200 час. работы, для токарных автоматов через 800 час. и т.д.

Состояние отдельных деталей определяется в результате внешнего осмотра и, если необходимо, частичной разборки. По результатам осмотра составляется перечень обнаруженных дефектов, подлежащих устранению при ближайшем плановом ремонте.

Во время осмотра производят также очистку станка, замену или пополнение масла и устранение мелких неисправностей.

### 2.2.1. Проверка оборудования на технологическую точность

Под технологической точностью металлорежущих станков принято считать их способность стабильно обеспечивать получение параметров на обрабатываемых деталях, которые заданы в документации, при условии соблюдения режимов обработки, наладки станков и с использованием соответствующей оснастки и инструмента.

Проверку металлорежущих станков на технологическую точность производят с тем, чтобы поддерживать необходимую точность оборудования в период между проверками; оценивать точность станков после ремонта; обеспечивать выпуск продукции заданного качества; следить за техническим состоянием работающего оборудования, сопоставлять установленное и наработанное количество часов и своевременно принять решение, какой необходимо провести его ремонт, несмотря на то, что оборудование еще находится в работоспособном состоянии.

Какие службы завода должны следить за поддержанием оборудования в работоспособном состоянии в соответствии с требованиями технологической точности, как правило, определяет главный инженер завода.

В первую очередь необходимо определить перечень оборудования, подлежащего проверке на технологическую точность, которое включают в ведомость (табл. 2.2 с примером заполнения).

В перечень оборудования, подлежащего проверке на технологическую точность, включают финишное, отделочное и прецизионное оборудование, на котором выполняются точные операции. Как правило, на этом оборудовании обрабатываются детали, подлежащие в дальнейшем паспортизации.

Затем составляется график периодической проверки обо-

Т а б л и ц а 2.2

#### Ведомость по цеху

Оборудование для периодической проверки на технологическую точность на 201_ год				
модель станка	инвентарный номер	параметры, определяющие точность операции	допускаемые отклонения	
			по данным изготовителя	установленные по результатам обработки детали
1	2	3	4	5
1К62	60572	Осевое биение шпинделя передней бабки	0,05	0,06

Т а б л и ц а 2.3

**Инструкционная карта проверки оборудования  
на технологическую точность**

Цех № 35	Модель станка <i>1508</i>	<i>Токарно-карусельный</i>	Инвентарный № <i>06234</i>	
Наименование проверки	Эскиз	Применяемые средства проверки	Допускаемые отклонения	
			установленные по необходимости технологической точности детали	установленные по результатам обработки детали
Торцовое биение рабочей поверхности планшайбы		Индикатор часового типа, меры длины концевые 3-го класса	0,024	0,03

рудования на технологическую точность, в котором указывают проверяемые модели станков и сроки выполнения проверок.

В случае выхода оборудования из строя или по заключению ОТК (по результатам приемки деталей) проверка металлообрабатывающих станков на технологическую точность производится вне графика.

На каждый станок или группу станков составляется инструкционная карта (табл. 2.3 с примером заполнения), по которой выполняется проверка оборудования на технологическую точность.

Проверка оборудования на технологическую точность может выполняться методами проверки на геометрическую точность взаимного перемещения рабочих органов (до и после устранения неисправности) и испытанием под нагрузкой (с соблюдением режимов по технологической карте) путем обработки контролируемых поверхностей образца-изделия. Схемы и способы измерения геометрических параметров берут из руководства по эксплуатации (паспорта) станка.

По результатам проверки оборудования на технологическую точность заполняется контрольная карта (табл. 2.4), в ко-

Т а б л и ц а 2.4

**Контрольная карта**

Наименование станка	
Инвентарный №	
Отметки о проверках	
Дата проверки	Заключение о состоянии станка

торой дается заключение о состоянии проверенного оборудования и какой необходимо провести его ремонт, несмотря на то, что оборудование еще находится в работоспособном состоянии.

После проведения восстановительных работ обязательно производится полная или частичная проверка оборудования на технологическую точность и заполняется контрольная карта.

### **2.2.2. Смазка оборудования**

Для повышения долговечности оборудования и обеспечения нормальной его работы должна быть обеспечена своевременная и качественная смазка оборудования.

Смазочные материалы, применяемые в механических цехах, делятся на минеральные масла и консистентные мази.

Минеральные масла являются продуктом перегонки нефти и являются наиболее распространенным смазочным материалом.

Консистентные мази представляют собой смесь, минерального масла и мыла.

Подбор и назначение марок смазочных материалов, норм их расхода, а также проверка соблюдения всех технических требований к смазке оборудования осуществляется отделом главного механика завода. В целях соблюдения правильного режима смазки для каждого вида оборудования на основании руководства по эксплуатации, технических условий или других конструкторских документов разрабатывают инструкцию, представляющую собой карту смазки, в которой приводится также схема станка с обозначением на схеме всех смазочных мест.

В карте (табл. 2.5 с примером заполнения) дается подробная спецификация с указанием названия отдельных частей и узлов станка, подлежащих смазке, и указывается род смазки, сорта масла и периоды смазки.

Если в сопроводительной документации на станок приведены смазочные материалы устаревших марок, то смазочные материалы для станка выбираются из рекомендуемых марок масел и смазок, с учетом области применения и близким по вязкости к заменяемому смазочному материалу.

Практически в механических цехах пользуются пятью-шестью сортами минеральных масел и двумя-тремя сортами консистентных мазей. При ограниченном выборе масел для смазки механизмов и для систем гидравлики близких по вязкости

допускается масла для гидравлических систем использовать для смазки механизмов, а не наоборот.

В механических цехах организация смазочного хозяйства возлагается на механика цеха, который назначает из состава ремонтного персонала цеха лицо, ответственное за смазочное хозяйство цеха. В механических цехах ответственным за смазочное хозяйство обычно назначается бригадир рабочих-смазчиков.

Работник цеха, ответственный за смазку оборудования, составляет заявки на смазочные масла, следит за правильным снабжением и хранением масел, руководит работой рабочих-смазчиков, следит за правильным режимом смазки и расходом смазочных материалов в соответствии с установленными регламентами (картами) смазки и нормами расхода (табл. 2.6).

Т а б л и ц а 2.5

**Карта смазки токарно-винторезного станка**

№ п/п	Узел станка	Место смазки	Номер по схеме места	Способ смазки и смазочные устройства	Смазочный материал	Срок смазки
1	Коробка скоростей	Шестерни и подшипники	—	Масляная ванна	Индустриальное И-12А	Менять масло первый раз через 10 дней работы станка, второй — через 20 дней, затем каждые 40 дней
		Передний подшипник	8	Дополнительно от плунжерного		
		Задние подшипники	7	Фитильная		
2	Коробка подач	Шестерни, подшипники и прочие механизмы	—	От плунжерного насоса в резервуар, из которого через отверстия к отдельным точкам и, кроме этого, разбрызгиванием		
3	Сменные шестерни	Шестерни и подшипники	2	Ручная	Вазелин технический	Раз в смену
		Палец накидной шестерни	1	Масленка колпачковая		
4	Фартук	Шестерни, подшипники, муфты и прочие механизмы	—	От плунжерного насоса в резервуар, из которого через отверстия к отдельным точкам и, кроме этого, разбрызгиванием		Менять масло первый раз через 10 дней, второй — через 20 дней, затем каждые 40 дней

**Примерные нормы расхода смазочных материалов в смену**

Нормы расхода смазочных материалов в смену (за 7 ч) в среднем на 1 физическую единицу	
Станочное оборудование	Норма расхода, г
Токарно-винторезные, обдирочные и затыловочные с высокой центров, мм: до 200	150
от 200 до 300	260
от 300 до 500	400
от 500 и выше	800
Револьверные станки: прутковые	150
патронные	230
Полуавтоматы	750
Автоматы одношпиндельные	250
Автоматы многошпиндельные	400
Токарно-отрезные, центровочные	140
Токарно-лобовые, многорезцовые	700
Карусельные с диаметром планшайбы, мм: до 1600	450
от 1600 до 4500	850
свыше 4500 до 9000	1900
Продольно-строгальные и продольно-фрезерные с длиной стола, мм: до 3000	350
от 3000 до 8000	800
свыше 8000 до 18 000	3000
Горизонтально-расточные с диаметром шпинделя, мм: до 100	450
от 100 до 150 и более	600 - 750
Фрезерные (универсальные, вертикальные, горизонтальные) с шириной стола до 350 - 500 мм	200 - 325
Сверлильные (вертикальные, горизонтальные, глубокого сверления)	65
Агрегатно-сверлильные с числом шпинделей от 8 до 22	180 - 400
Радиально-сверлильные с вылетом шпинделя до 1500 и свыше 1500, мм	150 - 226
Круглошлифовальные	280
Плоскошлифовальные	400
Внутришлифовальные	225

Нормы расхода смазочных материалов в смену (за 7 ч) в среднем на 1 физическую единицу	
Станочное оборудование	Норма расхода, г
Бесцентрово-шлифовальные	210
Поперечно-строгальные	165
Долбежные	320
Протяжные	200
Зубофрезерные	270
Зубодолбежные, зубострогальные	375
Зубошлифовальные	220
Зубопритирочные, обкаточные, закругляющие	150
Заточные разные	125
Резьбонакатные, резьбошлифовальные, резьбофрезерные	170

В механических цехах должны быть кладовые для хранения необходимых запасов масел (до пятидневной потребности), в специальной таре с плоскими днищами емкостью до 150–200 л, маркированной по сортам, а также смазочного инвентаря, необходимого для смазки (бидоны, масленки, шприцы) и обтирочных материалов.

Емкости и раздаточную мелкую тару следует очищать не реже одного раза в шесть месяцев, а трубопроводы - один раз в год. Очистка раздаточной тары должна производиться на складе масел в специальном помещении и включать слив загрязненного масла, пропарку, мойку и сушку.

Во избежание образования осадков внутри смазываемых узлов станков категорически запрещается наливать смазочное масло в мелкую тару, содержащую остаток другого масла. Не рекомендуется наливать масло в предварительно непромытую тару.

При заполнении масленок и бачков и при доливе масел из бачков в редукторы и резервуары маслонасосов оборудования рекомендуется пользоваться сетками-фильтрами с отверстиями не более 0,025 мм<sup>2</sup> для защиты от стружки, грязи и пыли.

Смазка металлорежущих станков может производиться вручную масленками, капельными масленками, пресс-масленками, разбрызгиванием и циркуляционной системой.

Смазка станков производится специалистом-смазчиком или непосредственно станочником в зависимости от сложности и характера смазки механизма.

Обычно работа по смазке оборудования распределяется между рабочим-станочником и специалистом-смазчиком следующим образом:

- рабочий-станочник производит ручную смазку, смазку направляющих станины, суппортов, ходовых винтов и другие смазочные места, заливаемые каждую смену, а специалист-смазчик следит за централизованными системами смазки;
- смазчик обслуживает определенный участок цеха, смазывает все места, указанные в инструкции, производит смену масла в емкостях, периодически доливает их для покрытия потерь, а также собирает и сдает отработанные масла.

Мастеру цеха, так же как специалисту-смазчику и станочнику, необходимо знать, какие узлы станка подвергаются смазке, периодичность смазки, применяемую марку масла или смазки.

Например, в токарном станке смазка механизма фартука, направляющих каретки и суппорта (табл. 2.5) осуществляется рабочим и централизованным путем от плунжерного насоса, установленного на нижней крышке фартука. Остальные места смазываются вручную масленками, согласно схеме смазки и карте. Перед пуском станка резервуары передней бабки, коробки подач и фартука наполняются маслом до рисок «Уровень масла».

В период эксплуатации станка рабочему необходимо следить через маслоуказатели, индикаторы на пульте и т.п. за работой масляных насосов и за наличием смазочного материала в резервуарах.

Нормы расхода смазочных материалов устанавливаются

Т а б л и ц а 2.7

**Периодичность смены масел в картерах при работе оборудования в одну смену**

Емкость картеров, кг	Периодичность (в месяцах) между сменой масла в станках, работающих в условиях		Долив до требуемого уровня производится после количества дней работы
	нормальных	абразивной пыли или иной загрязненной среды	
До 10	4 - 4,5	3 - 3,5	5 - 6
10 - 50	5 - 6	3,5 - 4	5 - 6
Свыше 50	6 - 6,5	4 - 4,5	6 - 8
Для подшипников качения	6 - 6,5	4 - 4,5	8 - 10

практическим путем и указываются в картах смазки. Ориентировочные нормы расхода смазки на металлорежущие станки указаны в табл. 2.6.

Смена масла в картерах станков производится по календарным графикам, составленным на основании паспортов смазки (табл. 2.7).

Смена масла сводится к сливу масла, промывке емкости и заливке свежего масла. Смена масла в картерах и циркуляционных системах производится смазчиками через определенные периоды, указанные в инструкциях по смазке определенного вида оборудования. Обычно стремятся совместить смену масла с осмотрами и плановыми ремонтами.

### 2.2.3. Промывка систем смазки и деталей оборудования

Промывку оборудования производят по заранее составленному графику, через определенные установленные сроки, в зависимости от типа оборудования и характера выполняемой работы (табл. 2.8).

Системы и отдельные детали оборудования промывают следующими промывочными жидкостями:

– масляные баки, картеры, стальные, чугунные и бронзовые детали, масляные фильтры, лубрикаторы, масленки и маслопроводы - керосином (реже автобензином);

Т а б л и ц а 2.8

#### Периодичность промывки оборудования

Группы оборудования	Период между промывками в рабочих часах
Металлорежущие станки, обрабатывающие воспламеняющиеся сплавы	190
Металлорежущие станки, работающие с абразивным инструментом: шлифовальные, хонинговальные, заточные, абразивно-отрезные	380
Металлорежущие станки, работающие с металлическим инструментом	700
Крупные и тяжелые металлорежущие станки	570
Прецизионные станки: координатно-расточные станки, доводочные и резьбошлифовальные	190

– фильтры тонкой очистки, контрольно-измерительная аппаратура, регулировочные устройства, точные инструменты, приборы - авиационным бензином;

– ответственные оптические приборы и приспособления, например, в координатно-расточных станках - этиловым спиртом;

– мелкие детали при централизованной промывке на моченных машинах - дешевым, неогнеопасным и не требующим сложной вентиляции 3–5%-ным раствором тринатрийфосфата, кальцинированной соды и углекислого аммония (для этой же цели можно применять уайт-спирит и четыреххлористый углерод, но уайт-спирит огнеопасен, а четыреххлористый углерод токсичен, требует хорошей вентиляции и применения спецодежды).

Консистентные смазки смывают керосином, уайт-спиритом, авиационным бензином; нитроэмали – нитрорастворителями; асфальтовый лак – уайт-спиритом, авиационным бензином, скипидаром; изоляционные лаки – ацетоном; масляные лаки – уайт-спиритом и скипидаром; битумные и масляно-битумные лаки, глифталевые эмали и лаки – ксилолом и толуолом; эмали масляные – растворителем РС-2 и уайт-спиритом; масляные краски – уайт-спиритом и скипидаром.

При промывке деталей к бензину добавляют присадки трихлорэтилена, 3% тетрахлорина или четыреххлористого углерода, которые уменьшают способность бензина к воспламенению. С этой же целью в емкости с бензином добавляют алюминиевую стружку и для фильтрации не допускают использовать синтетические материалы.

Бензин не оказывает вредного действия на кожу человека. Однако выделяющиеся соединения хлора могут оказывать вредное влияние на детали из меди и алюминия.

Промывочные жидкости должны обладать хорошей моющей способностью, не вызывать коррозии изделий и не усиливать окислительного действия поверхности промытого металла на заливаемое масло. Керосин, бензин и другие жидкости после их использования необходимо собирать, регенерировать и вновь применять в производстве.

Учитывая токсичность и раздражающее действие промывочных жидкостей на кожу рук, глаза и органы дыхания, необходимо соблюдать правила личной безопасности и применять защитную спецодежду.

Фильтры, насосы, групповые масленки, лубрикаторы и другие элементы системы смазки промывают частично разобранными. Через маслопроводные трубки и каналы прокачивают индустриальное масло малой вязкости, продувают их сжатым воздухом и проверяют на нормальную подачу масла в каждой смазываемой точке. При необходимости разбирают и заменяют отдельные участки маслопроводов.

При промывке масляных резервуаров, направляющих, маслопроводов, подшипников и смазочных приборов необходимо применять высококачественные чистые обтирочные материалы. Ветошь и хлопчатобумажные концы могут оставлять на промываемой поверхности нитки, ворс и другие механические частицы, которые впоследствии могут привести к закупориванию маслопроводных трубок и каналов, к забивке фильтров. Лучше при промывке маслосистем использовать специальные подрубленные технические салфетки из хлопчатобумажной ткани.

#### **2.2.4. Очистка масла**

Смазочные масла в процессе работы загрязняются различными примесями и теряют смазывающие свойства. Если масло соприкасается с нагретыми частями машин, например, в станках и редукторах, то происходит более интенсивный процесс окисления масла кислородом воздуха, что приводит к изменению химической структуры масел и выделению более тяжелых и твердых фракций.

Продукты износа трущихся поверхностей и коррозия деталей машины, пыль и грязь, попадающие в масляную систему извне, также приводят к загрязнению масла. В зависимости от условий работы машины в масло могут попадать частицы уплотнений, металлическая пыль, абразивы и т.п. Если размер механических частиц больше наименьшей толщины масляного слоя в подшипнике, возрастает коэффициент трения, нагрев и коррозия металла, ускоряется окисление масла, засоряются маслопроводы. Загрязненное или отработанное масло периодически заменяют новым или очищенным.

От вредных примесей масло очищают отстаиванием, фильтрованием, центрифугами, магнитным улавливанием, физико-химическим воздействием.

**Отстаиванием** удаляют механические примеси, находящи-

еся в масле во взвешенном состоянии, и воду. Способы отстаивания можно разбить на два вида: отстаивание неподвижного масла при периодическом его потреблении, отстаивание движущегося масла при непрерывном его потреблении.

*Отстаивание неподвижного масла* применяют как самостоятельный метод регенерации для промышленных масел и как первый этап регенерации для всех без исключения отработанных масел. Отстаивается масло очень медленно и требует больших емкостей. Кроме того, оно не всегда обеспечивает надлежащую степень очистки.

*Отстаивание движущегося масла* в циркуляционной системе смазки осуществляют в отстойниках горизонтального или вертикального типа. В горизонтальном отстойнике масло движется в горизонтальном направлении с небольшой скоростью.

При этом примеси не способны держаться во взвешенном состоянии в масле. Частицы оседают на дно отстойника, а относительно очищенное масло движется дальше.

В отстойник (рис. 2.1) масло поступает в отсек 1, где оседают наиболее крупные и тяжелые частицы. Из отсека масло переливается через промежуточную перегородку в отсек 2, в котором благодаря незначительной скорости движения жидкости масло теряет большую часть механических примесей. Далее масло переливается в отсек 3, имеющий всасывающую трубу, которую погружают в отсек приблизительно на половину высоты так, чтобы вода, которая находится в верхнем слое, не могла попасть в всасывающую трубу. Воду периодически

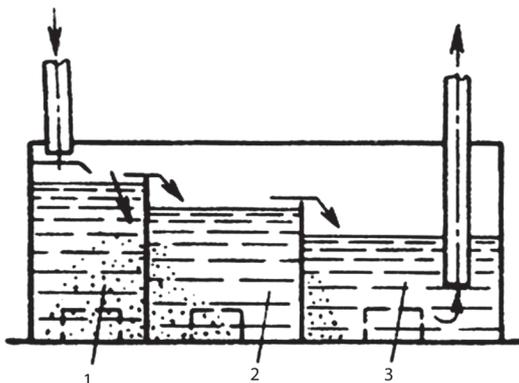


Рис. 2.1. Схема отстойника для движущегося масла

сливают. Отсеки 2 и 3 по объему делают больше отсека 1. В зависимости от условий через отстойники может проходить все масло, циркулирующее в системе, или часть его. Подобный вид отстаивания применяют перед тонкой фильтрацией через фильтры.

**Фильтрование** отработанных масел является механической очисткой и осуществляют пропусканием масла через пористую перегородку, состоящую из двух слоев: фильтрующего материала и непрерывно нарастающего осадка. Плотность последнего иногда бывает больше плотности первого. По мере уплотнения осадка скорость фильтрации уменьшается, в результате чего поток жидкости может совсем прекратиться.

**Магнитные уловители.** Металлическую пыль, попадающую в масло при обкатке новых машин и механизмов, не удаляемую сетчатыми и щелевыми фильтрами, улавливают магнитными уловителями.

Фильтры с магнитными уловителями имеют один или несколько уловителей.

Через фильтрующий пакет с магнитным уловителем, состоящим из одного постоянного магнита с большой индукцией (сплав никеля, кобальта, меди и титановокислого железа), пропускается поток масла. Скорость протекания масла через фильтрующий пакет не должна превышать 10 м/сек. Создается магнитное поле и улавливает железные частицы размером от 0,002 до 0,1 мм.

### **2.3. ЗАТРАТЫ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Затраты на техническое обслуживание и ремонт производственного оборудования находятся в прямой зависимости от времени его работы и сложности. Чем сложнее оборудование и выше коэффициент загрузки, тем больше расходы на его содержание. В сумму этих расходов включаются:

– затраты на материалы, связанные с эксплуатацией оборудования (смазочные и обтирочные материалы, охлаждающие и промывочные жидкости, ремни и т.п.);

– заработная плата рабочих по текущему обслуживанию оборудования (станочника, электрика, смазчиков, слесарей и др.).

Учет и распределение этих затрат по отдельным изде-

лиям производятся прямым путем по месту и времени осуществления технологического процесса. В этом случае величина расходов по содержанию оборудования определяется по величине фактических затрат за определенный промежуток времени или по нормам, действующим на предприятии.

Ориентировочная величина расходов по содержанию единицы оборудования в тыс. руб. в год равна:

$$O=Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + M_1,$$

Т а б л и ц а 2.9

**Структура себестоимости обработки изделия в %**

Наименование станков	Элементы затрат						
	зарплата станочников	зарплата наладчика	амортизация станка	расход инструмента	текущий ремонт	содержание станка	расход электроэнергии
Токарные, с диаметром обрабатываемого изделия в мм:							
до 300	68,0	-	3,0	9,0	12,2	3,0	4,8
300 - 400	68,0	-	2,0	7,0	14,0	3,0	6,0
400 - 600	40,0	-	13,0	7,0	15,0	5,0	10,0
600 - 800	59,7	-	3,8	9,1	13,8	3,5	10,1
800 - 1200	48,7	-	14,1	3,5	16,2	4,1	13,4
Карусельные	47,3	-	15,7	5,6	12,7	3,7	15,0
Расточные, с диаметром выдвигного шпинделя в мм:							
до 60	57,0	-	12,0	9,1	14,1	3,5	4,3
80 - 100	51,2	-	14,5	8,1	16,1	4,0	6,1
150	54,0	-	12,8	7,9	12,9	5,5	6,9
Вертикально-сверлильные	65,0	-	2,0	13,0	12,0	3,0	5,0
Радиально-сверлильные	52,0	-	7,0	16,0	15,0	4,0	6,0
Шлифовальные	50,0	13,0	3,0	13,0	13,0	3,0	5,0
Зубообрабатывающие	43,0	11,0	4,0	23,0	14,0	3,0	2,0
Фрезерные	56,0	-	4,0	12,0	18,0	4,0	6,0

**Примечание.** Затраты на ремонт электрической части станка обычно составляют около 30% от затрат на ремонт механической части.

где  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  – доля заработной платы, с начислениями в руб., рабочих и специалистов разных профессий, связанных с работой оборудования (станочника, смазчика, слесаря, электрика и др.), т.к. рабочие некоторых профессий (например, электрики) могут одновременно обслуживать большое количество оборудования;  $M_1$  – стоимость материалов (смазочные, обтирочные, охлаждающие и промывочные жидкости и т.п.) в руб.

Затраты на содержание оборудования на единицу изделия (на операцию) определяются по формуле:

$$O_1 = \frac{O}{B},$$

где  $B$  - годовой объем выпуска продукции в шт.

В табл. 2.9 в качестве примера приведен удельный вес затрат на техническое обслуживание универсальных типов станков.

Затраты на содержание оборудования составляют небольшую долю в себестоимости продукции. Поэтому за основу при расчетах можно принимать затраты по содержанию оборудования универсальных типов станков.

Данные, приведенные в табл. 2.9, уточняются в зависимости от типа оборудования, характера выпускаемой продукции и условий производства.

#### **2.4. АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ**

Амортизационные отчисления возмещают износ основных фондов оборудования путем постепенного перенесения их стоимости на каждую единицу выработанного изделия.

Стоимость оборудования по первоначальной балансовой оценке  $B$  должна включать как вновь приобретаемое оборудование, так и старое, используемое по данному варианту технологического процесса. Расчет величины амортизационных отчислений на единицу изделия в руб. определяется по формуле:

$$A = \frac{B \times H}{100B},$$

где  $B$  – первоначальная балансовая стоимость оборудования

в тыс. руб.;  $H$  – норма амортизационных отчислений в %;  $B$  – годовой объем выпуска продукции в шт.

Для модернизированного оборудования к его балансовой стоимости следует прибавить затраты по модернизации.

Если на станке производится несколько деталей (операций) амортизационные отчисления между ними должны распределяться пропорционально машинному времени  $T_m$  по формуле:

$$A = \frac{B \times H}{100\Phi} \times T_m,$$

где  $\Phi$  – годовой фонд рабочего времени оборудования в станко-часах.

Ориентировочные затраты на амортизацию по металлорежущим станкам приведены в табл. 2.9. Расчет амортизационных отчислений заносится в Реестр списка основных средств.

В качестве примера, в табл. 2.10 приведены нормы амортизационных отчислений, принятые при эксплуатации металлорежущих станков.

При этом учитываются различные факторы, учитывающие условия эксплуатации металлорежущих станков, которые отражаются введением поправочных коэффициентов:

1. Для металлорежущего оборудования, используемого на

Т а б л и ц а 2.10

**Нормы амортизационных отчислений**

Основные группы и типы металлорежущего оборудования	Норма амортизационных отчислений в %
Металлорежущее оборудование массой до 10 т отраслей машиностроения и металлообработки: Станки с ручным управлением, включая прецизионные, классов точности А, В, С, Н, П (универсальные, специализированные и специальные)	5,0
Станки металлорежущие с ЧПУ, в том числе обрабатывающие центры, автоматы и полуавтоматы без ЧПУ (универсальные, специальные, специализированные и агрегатные), автоматические (станочные) линии	6,7
Гибкие производственные модули, роботизированные технологические комплексы	8,3
Гибкие производственные системы, включая сборочное, регулировочное и окрасочное оборудование	7,1

предприятиях, не входящих в отрасли машиностроения и металлообработки, применяется коэффициент 0,7.

2. Для металлорежущего оборудования массой выше 10 т применяется коэффициент 0,8, а массой выше 100 т – коэффициент 0,6.

3. Отнесение по массе гибких производственных модулей и систем, автоматических линий, роботизированных технологических комплексов осуществляется по наибольшей массе единицы технологического оборудования, входящего в их состав.

4. По станкам металлорежущим с ручным управлением применяются коэффициенты:

- по станкам классов точности Н, П - 1,3;
- по прецизионным станкам классов точности А, В, С - 2,0;
- по станкам металлорежущим с ЧПУ, в том числе обрабатывающим центрам, автоматам и полуавтоматам без ЧПУ, - 1,5.

## **2.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

### **2.5.1. Мероприятия по технике безопасности**

Смазочные масла не создают обычно опасных концентраций паров, но при длительном вдыхании масляного тумана наблюдается общая слабость, усталость, головная боль и тошнота. В производственных помещениях, складах, регенерационных станциях предельное содержание в воздухе паров бензина, лигроина, керосина, уайт-спирита, скипидара и других углеводородов не должно быть свыше 0,3 мг на 1 л (в пересчете на углерод) ацетона 0,2 мг/л. Все эти жидкости растворяют жиры и вследствие этого вызывают сухость и раздражение кожи рук и лица, действуют на слизистые оболочки носа, глаз, на органы дыхания.

Из примесей, встречающихся в нефтепродуктах, особенно вредны некоторые сернистые соединения. Так, наличие в 1 л воздуха 1 мг сероводорода является смертельно опасным, а предельно допустимой концентрацией его считают 0,01 мг на 1 л.

При обращении с нефтепродуктами необходимо соблюдать правила техники безопасности и охраны труда; содержать в чистоте рабочее место; иметь хорошее освещение и вентиляцию; не загромождать проходы; хранить инвентарь на стеллажах и полках, а инструмент, спецодежду и обтирочные материалы - в шкафах, тумбочках и ящиках.

Работать следует только в комбинезоне; рукава спецодежды завязывать или застегивать у кистей рук.

При чистке резервуаров, замерах уровня или отборе проб не опускать голову внутрь резервуаров, особенно с герметическими крышками, так как можно мгновенно отравиться парами нефтепродуктов или потерять сознание.

### **2.5.2. Противопожарные мероприятия**

При работе с нефтепродуктами нельзя применять для освещения керосиновые и свечные фонари, лучше пользоваться фонарями шахтного типа. Запрещается зажигать спички при проверке наличия или уровня нефтепродукта в цистерне, баке, бочке. При зажигании открытого огня у отверстия пустой бочки из-под нефтепродукта или в помещении, содержащем пары нефтепродуктов, может произойти взрыв. Для освещения складов применять специальную взрывобезопасную арматуру и проводку. Лучше пользоваться отраженным светом через окна или наружным электроосвещением.

При тарном хранении нефтепродуктов помещения склада должны иметь огнестойкий порог высотой 150 мм. Бочки хранят в два ряда, а при наличии стеллажей и механизированной укладки допускается хранение в пять рядов. Входы и выходы не должны загромождаться, все двери должны открываться только наружу.

При возникновении пожара немедленно вызвать пожарную команду и приступить к тушению огня имеющимися средствами. Нельзя тушить горящие нефтепродукты водой, так как они всплывают и пламя распространяется быстрее. Для тушения огня на горящий нефтепродукт набрасывают асбестовое одеяло, кошму, забрасывают его сухим песком или направляют струю пены из огнетушителя, включают пено- или паротушение. При загорании нефтепродуктов в цистерне люки последних закрывают крышками, а стенки охлаждают водой. При загорании одежды на человеке его немедленно кладут на землю и накрывают кошмой, одеялом и т.п.

При ожогах немедленно оказывать медицинскую помощь.

На складах, рабочих местах специалистов-смазчиков, регенерационных станциях и в цеховых кладовых должны быть вывешены инструкции по соблюдению противопожарного режима с практическими указаниями мер на случай возникновения пожара.

## ГЛАВА 3 РЕМОНТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 3.1. ВИДЫ ПЛАНОВЫХ РЕМОНТОВ

Различают следующие виды плановых ремонтов: текущий, средний и капитальный.

**Текущий ремонт** выполняется ремонтными слесарями под руководством механика цеха. При текущем ремонте производится очистка, промывка, ремонт и замена или восстановление изношенных деталей в объеме, обеспечивающем эксплуатацию станка до очередного планового ремонта. В зависимости от сложности оборудования и условий его эксплуатации текущий ремонт проводится несколько раз в году.

**Средний ремонт** предусматривает замену и восстановление изношенных деталей в значительно большем объеме, чем при малом ремонте. Средний ремонт должен обеспечивать работоспособность станка до очередного планового, среднего или капитального ремонтов.

**Капитальный ремонт** является наибольшим по объему плановым ремонтом. При капитальном ремонте производится полная разборка, очистка и промывка станка, замена или восстановление всех износившихся деталей и отдельных узлов, а также регулировка и выверка станка в целом. При капитальном ремонте, при необходимости улучшается конструкция станка путем его модернизации. В результате капитального ремонта станок восстанавливает точность, мощность и производительность.

Мастер участка обязан следить, чтобы плановые ремонты производились своевременно в соответствии с утвержденными

планами и предоставлять станок в распоряжение ремонтной службы в назначенные сроки.

К комплексу работ по восстановлению работоспособности оборудования относится также аварийный ремонт.

**Аварийный ремонт** – это unplanned ремонт, вызванный аварией или поломкой.

Под аварией понимается выход из строя оборудования, сопровождающийся нарушением производственного процесса и повреждением ответственных узлов, механизмов, отдельных деталей. Под поломкой понимается повреждение узлов или деталей машины, не нарушающее производственного процесса на участке, в цехе.

Аварии и поломки оборудования разделяются на три основные группы.

К первой группе относятся аварии и поломки, обусловленные дефектами конструкции и некачественным изготовлением деталей.

Ко второй - нарушение правил технической эксплуатации (некачественным обслуживанием, неправильной наладкой, неправильными приемами работы, использованием станка не по назначению и др.).

К третьей - дефектами ремонта (некачественным техническим обслуживанием, недостатками монтажно-демонтажных работ, некачественной пригонкой деталей).

В течение 24 часов с момента возникновения аварии составляется *аварийный акт* отделом главного механика совместно с начальником участка, на котором произошла авария, и с привлечением, при необходимости, специалистов. В аварийном акте должны быть указаны: наименование и местонахождение оборудования; конкретная причина аварии; организационно-технические мероприятия, необходимые для устранения аварии и ее последствий. Аварийные акты, как правило, утверждает главный инженер.

### 3.2. КАТЕГОРИЯ СЛОЖНОСТИ РЕМОНТА

Для машиностроительных предприятий с полным технологическим циклом производства станков и машин может быть предложена в качестве методического руководства Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования (М.: Машинострое-

ние, 1988), разработанная Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков, г. Москва.

Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования может быть осуществлена при наличии следующих составляющих:

- сведений о загрузке оборудования на планируемый год;
- сведений об объемах работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, трудоемкости планируемых объемов работ, численности рабочих, потребности в ресурсах и др.;

- сведений, характеризующих ремонтные особенности каждого станка (машины);

- сведений о фактически отработанном времени станком (машиной) и др.

Объем ремонтных работ на планируемый год определяют в физических единицах.

Для сравнения физических объемов работ, выполняемых при ремонте различных станков и машин, объемов работ отдельных цехов, а также для сопоставления объемов работ цеха за ряд лет или других промежутков времени принята *единица ремонтосложности*. Эта единица должна быть стабильной, не изменяющейся во времени при изменении организационно-технических условий выполнения ремонта. Однако следует иметь в виду, что термин «единица ремонтосложности» обозначает стабильную единицу, соответствующую определенным неизменным условиям. В противном случае сопоставление объемов работ, выраженных в единицах ремонтосложности, невозможно.

Единица ремонтосложности механической части  $r_m$  – это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта механической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна 50 ч в неизменных организационно-технических условиях среднего ремонтного цеха машиностроительного предприятия.

Единица ремонтосложности электрической части – это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта электрической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна 12,5 ч в тех же условиях, что и  $r_m$ .

Объем работ, подлежащий выполнению при капитальном ремонте механической и электрической частей любого станка

(машины) в неизменных условиях и который может быть оценен числом единиц ремонтосложности, зависящим только от его конструктивных и технологических особенностей, называется *стабильной ремонтосложностью* данного станка (машины) и обозначается соответственно  $R_M$  и  $R_Э$ .

Механическая часть станков и машин в общем случае может состоять из кинематической и гидравлической частей, ремонтосложность которых обозначают соответственно  $R_K$  и  $R_Г$ . Таким образом,  $R_M = R_K + R_Г$ .

Электрическая часть станков и машин состоит из электроаппаратов, приборов и проводки, ремонтосложность которых обозначают  $R_A$  и электродвигателей  $R_Д$ . Таким образом,  $R_Э = R_A + R_Д$ .

Исходными данными для определения ремонтосложности различных моделей оборудования являются технические характеристики, содержащиеся в паспортах.

Для серийно выпускаемых моделей оборудования во второй части Типовой системы помещены справочные таблицы величин стабильной ремонтосложности механической и электрической частей.

Для распространенных видов оборудования разработаны эмпирические формулы, помещенные в третьей части Типовой системы, позволяющие путем несложных вычислений определить ремонтосложность моделей, не вошедших в справочные таблицы.

Для упрощения плановых расчетов целесообразно объем работ по текущему и среднему ремонту механической части оборудования в  $R_M$  и объемы работ по капитальному и текущему ремонту электрической части оборудования в  $R_A$  привести к эквивалентному по трудоемкости объему работ по капитальному ремонту механической части и выразить в  $R_П$ .

$R_П$  – это ремонтосложность различных видов ремонта разных частей оборудования, приведенная к ремонтосложности капитального ремонта механической части оборудования. Для приведения объемов работ по текущему и капитальному ремонту, а также ремонта механической и электрической частей к одному измерителю  $R_П$  установлены коэффициенты перевода.

1. Коэффициенты отношения объема работ при текущем и среднем ремонте механической части к объему работ при капитальном ремонте  $K_{ТМ} = 0,12$ ;  $K_{СМ} = 0,18$ .

2. Коэффициент отношения объема работ при текущем ре-

монте электрической части к объему работ при капитальном ремонте  $K_{тэ}=0,12$ .

3. Коэффициент отношения объема работ при капитальном ремонте электрической части к объему работ при капитальном ремонте механической части  $K_{эм}=0,25$ .

### **3.3. СТРУКТУРА И ПЕРИОДИЧНОСТЬ РАБОТ ПО РЕМОНТУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Все работы по плановому ремонту оборудования выполняются в определенной последовательности, образуя повторяющиеся циклы.

**Ремонтный цикл** - это повторяющаяся совокупность различных видов планового ремонта, выполняемых в предусмотренной последовательности через установленные равные числа часов оперативного времени работы оборудования, называемые межремонтными периодами.

Ремонтный цикл завершается капитальным ремонтом и определяется структурой и продолжительностью.

*Структура ремонтного цикла* - это перечень ремонтов, входящих в его состав, расположенных в последовательности их выполнения.

*Продолжительность ремонтного цикла* - это число часов оперативного времени работы оборудования, на протяжении которого производятся все ремонты, входящие в состав цикла (табл. 3.1).

Простои оборудования, связанные с выполнением плановых и неплановых ремонтов и технического обслуживания, в продолжительность ремонтного цикла не входят.

Срок службы станка до первого капитального ремонта указывается изготовителем станка в технических условиях на станок. При ремонте станков следует руководствоваться эксплуатационными документами.

Металлорежущие станки делятся на три группы: первая группа – легкие и средние станки весом до 10 т, вторая группа – крупные и тяжелые станки весом от 10 до 100 т, третья группа – особо тяжелые - уникальные, весом свыше 100 т.

Меньшие значения продолжительности цикла принимают для оборудования при обработке на нем чугуна и цветных металлов и оборудования, установленного в запыленных, за-

газованных и влажных помещениях; большие значения – для оборудования, преимущественно занятого обработкой стали и работающего в нормальных условиях.

Отдельные виды ремонта в течение цикла, т.е. за период между двумя ремонтами, повторяются через определенные промежутки времени и чередуются в определенной последовательности. Например, структуру ремонтного цикла, состоящего из четырех текущих (ТР), одного среднего (СР) и одного капитального ремонта (КР), записывают так:

КР–ТР–ТР–СР–ТР–ТР–КР.

При этом следует учесть, что между текущими ремонтами проводятся плановые осмотры (ПО) и проверки станков на технологическую точность.

Порядок чередования отдельных видов ремонта в ремонтном цикле представляет собой структуру ремонтного цикла. Структура ремонтного цикла различна для разных типов оборудования.

В табл. 3.2. приводится примерная структура ремонтного цикла для различных групп металлорежущего оборудования.

*Ремонтный цикл T* – период работы станка между двумя капитальными ремонтами или для вновь установленного станка – период от начала его ввода в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

Т а б л и ц а 3.1

**Продолжительность ремонтного цикла  
для металлорежущего оборудования**

Металлорежущие станки	Продолжительность цикла в годах при двухсменной работе в производстве		
	массовом и крупносерийном	серийном	мелкосерийном и индивидуальном
Станки нормальной точности:			
легкие и средние	3,5 - 6,0	4,0 - 7,5	5,0 - 8,5
крупные и тяжелые	-	5,5 - 10,0	6,5 - 12,0
особо тяжелые, уникальные	-	7,0 - 13,0	8,5 - 15,0
Прецизионные станки:			
легкие и средние	4,0 - 8,5	5,5 - 11,5	6,5 - 13,0
особо тяжелые, уникальные	-	9,0 - 19,5	10,5 - 22,0
Станки, работающие абразивным инструментом:			
легкие и средние	3,0 - 5,0	3,5 - 8,0	4,5 - 8,0
крупные и тяжелые	4,0 - 7,0	5,0 - 9,0	6,5 - 10,5

Т а б л и ц а 3.2

**Структура ремонтного цикла для металлорежущего оборудования**

Металлорежущие станки	Количество ремонтов в цикле			
	КР	СР	ТР	ПО
Легкие и средние	1	2	6	9
Крупные и тяжелые	1	2	6	27
Особо тяжелые и уникальные	1	2	9	36

*Межремонтный период  $t$*  – период работы станка между двумя очередными плановыми ремонтами.

*Межосмотровый период  $t_o$*  – период работы станка между двумя очередными осмотрами или между очередным осмотром и очередным плановым ремонтом.

Продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов устанавливается по календарному времени эксплуатации станков с учетом коэффициента использования или по количеству отработанных станком часов или какой-либо эквивалентной величине (число рабочих циклов, число изготовленных деталей и т.д).

**Структура ремонтного цикла** – порядок расположения и чередования ремонтов и осмотров в ремонтном цикле. Структура ремонтных циклов технологического оборудования дана в табл. 3.3.

Продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов для металлорежущих станков зависит от возраста станка и назначается по табл. 3.4.

Т а б л и ц а 3.3

**Структура ремонтных циклов для металлорежущего оборудования**

Наименование оборудования	Ремонтные работы и работы по техническому уходу чередование работ	количество ремонтов		
		средних	малых	осмотров
	Металлорежущие станки легкие и средние весом до 10 т	КР—ПО—МР—ПО—МР— ПО—СР—ПО—МР—ПО— МР—ПО—СР—ПО—МР— —ПО—МР—ПО—КР	2	6

Принятые обозначения: КР - капитальный ремонт; СР - средний ремонт; МР - малый ремонт; ПО - плановый осмотр.

Т а б л и ц а 3.4

**Продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов металлорежущих станков**

Возраст станков	Продолжительность в отработанных часах		
	ремонтного цикла $T$	межремонтного периода $t$	межосмотрового периода $t_0$
Легкие и средние весом до 10 т:			
до 20 лет	26000	2900	1450
свыше 20 лет	23400	2600	1300

**Трудоемкость ремонтных операций** зависит от вида и сложности ремонта станка. Она определяется его конструктивными и технологическими особенностями и размерами.

Степень сложности ремонта станка, его ремонтные особенности оцениваются в категориях сложности ремонта (в единицах ремонтосложности).

**Категория сложности ремонта** определяется путем сравнения со станком-эталоном. Существуют таблицы категорий сложности для разных типов и моделей металлорежущих станков и другого оборудования.

Планирование простоев оборудования в ремонте, трудо-

Т а б л и ц а 3.5

**Нормы времени в человеко-часах на единицу ремонтосложности технологического оборудования**

Ремонтные операции	Слесарные работы	Станочные работы	Прочие работы	Всего
Промывка как самостоятельная операция	0,6	-	-	0,6
Проверка на точность как самостоятельная операция	0,3	-	-	0,3
Плановый осмотр перед капитальным ремонтом	1,6	0,4	-	2,0
Плановый осмотр	1,0	0,5	-	1,5
Малый ремонт	5,0	4,0	1,0	10,0
Средний ремонт	18,0	10,0	2,0	30,0
Капитальный ремонт	30,0	20,0	4,0	54,0

**Примечания:** 1. Для оборудования, проработавшего свыше 20 лет, нормы на слесарные работы могут быть увеличены на 10%.

2. При получении готовых запасных деталей со стороны свыше 10% от потребного количества, нормы на станочные работы должны соответственно уменьшаться.

Т а б л и ц а 3.6

**Нормы межремонтного обслуживания на одного рабочего в одну смену**

Вид оборудования	Станочники	Слесари	Смазчики	Шорники
	в ремонтных единицах			в физических единицах оборудования, имеющего ременные приводы
Металлорежущие станки (кроме автоматов и полуавтоматов)	1650	560	1000	300
Металлорежущие автоматы и полуавтоматы	1650	400	900	-

**Примечания:** 1. В массовом и крупносерийном производствах нормы межремонтного обслуживания могут быть понижены на 15%.

2. Для оборудования, работающего с абразивом, нормы могут быть понижены на 5%.

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

емкости ремонтных операций осуществляется на единицу ремонтосложности, которые даны в табл. 3.5–3.7.

Нормативы для одной ремонтной единицы являются плановыми нормами, которые принимаются для подсчетов по всем группам ремонтной сложности.

Для металлорежущего станка модели 1А62 присвоена 12-я категория сложности ремонта.

Для проведения одного малого ремонта станка модели 1А62

Т а б л и ц а 3.7

**Нормативы продолжительности простоя металлорежущих станков из-за ремонта в сутках при различной сменности работы ремонтной бригады**

Наименование ремонтных работ и работ по техническому уходу	Нормативы простоя на одну ремонтную единицу при работе ремонтной бригады		
	в одну смену	в две смены	в три смены
	Проверка на точность как самостоятельная операция	0,1	0,05
Малый ремонт	0,25	0,14	0,1
Средний ремонт	0,6	0,33	0,25
Капитальный ремонт	1,0	0,54	0,41

потребуется, согласно нормативам, приведенным в табл. 3.5, следующие затраты времени:

12 x 5,0 = 60 час. на слесарные работы;

12 x 4,0 = 48 час. на станочные работы;

12 x 1,0 = 12 час. на прочие работы.

Соответственно для капитального ремонта станка модели 1А62 потребуются:

12 x 30 = 360 час. на слесарные работы;

12 x 20 = 240 час. на станочные работы;

12 x 4,0 = 48 час. на прочие работы.

Время простоя станка из-за ремонта округляется при малом и среднем ремонте до целых смен, при капитальном ремонте - до целых суток.

Для оборудования, работающего в три смены, простои при осмотрах перед средним и капитальным ремонтами планируются 0,1 суток на одну ремонтную единицу.

При модернизации оборудования во время среднего и капитального ремонтов нормы простоя в ремонте увеличиваются в зависимости от объема работ по модернизации. Дополнительное время простоя устанавливает главный механик и утверждает главный инженер завода.

При снятии оборудования с фундамента и централизованном ремонте устанавливается дополнительное время простоя на снятие с фундамента, транспортирование и монтаж на фундаменте.

### **3.4. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **3.4.1. Организация ремонтной службы на предприятии**

Руководство работами по ремонту оборудования на машиностроительном заводе осуществляет, как правило, отдел главного механика. На небольших заводах главный механик руководит работами по эксплуатации и ремонту не только механического, но и энергетического оборудования. На крупных заводах с развитым энергетическим хозяйством руководство работами по ремонту энергетического оборудования выделяют отдельно и осуществляет его отдел главного энергетика.

В состав отдела главного механика обычно входят: бюро планово-предупредительного ремонта оборудования и энер-

гетическое бюро. В состав бюро планово-предупредительного ремонта входят группы: по учету и хранению оборудования, инспекторская группа, а также группа конструкторов, в задачу которой входит составление всей технической документации для ремонтных работ, модернизации оборудования и др.

В состав ремонтного хозяйства машиностроительного завода входят цехи, отделения и участки по ремонту механического, электротехнического и теплосилового оборудования.

Состав цехов и отделений ремонтного хозяйства зависит от мощности и технологического профиля завода.

В зависимости от парка оборудования на заводе ремонт оборудования может быть сосредоточен в одном ремонтно-механическом цехе или распределен по соответствующим специальностям между отдельными цехами: ремонтно-механическим, электроремонтным и теплоремонтным.

Систему организации ремонтных работ устанавливают в зависимости от размеров предприятия, характера производства и его технологического профиля.

### **3.4.2. Методы организации ремонтных работ**

Различают три метода организации ремонтных работ: централизованный, децентрализованный и смешанный.

При **централизованном методе** производство ремонтных работ в полном объеме во всех производственных цехах производят силами ремонтно-механического цеха, подчиненного главному механику завода, в обязанности же ремонтного персонала производственных цехов входит межремонтное обслуживание. В некоторых случаях (на небольших заводах) межремонтное обслуживание выполняют также силами ремонтно-механического цеха. При централизованном методе ремонта главный механик завода объединяет работу всех ремонтных бригад производственных цехов завода.

При **децентрализованном методе** ремонта ремонтные средства рассредоточены по отдельным производственным цехам и все виды ремонтных операций, а также модернизацию оборудования производят цеховыми ремонтными базами под руководством механика цеха. При этом методе за ремонтно-механическим цехом остаются работы по изготовлению запасных частей и по капитальному ремонту только наиболее сложных механизмов.

При **смешанном методе** ремонта оборудования все виды ремонтных операций, кроме капитального ремонта, производят цеховые ремонтные базы. Капитальный ремонт, а иногда и средний ремонт крупных механизмов производит ремонтно-механический цех.

### **3.5. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Для четкой организации и наилучшего выполнения работ ремонт производственного оборудования, в т.ч. металлорежущих станков, проводят в следующей последовательности:

- определяют неисправности механизмов станка и устанавливают последовательность их разборки;
- производят разборку станка на сборочные единицы (узлы) и детали и их промывку;
- определяют характер и величину износа деталей и их пригодность для дальнейшей работы;
- производят ремонт деталей и частичную замену новыми;
- производят сборку узлов и станка в целом с подгонкой деталей и др.;
- собранный станок проверяется обкаткой и регулируется;
- отремонтированный станок проверяют на технологическую и геометрическую точность, жесткость и сдают в эксплуатацию.

При ремонте выполняют объем работ, предусмотренный для данного вида ремонта и уточненный по состоянию станка, поступившего в ремонт.

Подготавливая станок к разборке, внешним осмотром определяют дефекты, видимые без разборки механизмов, опросом рабочих этого станка выясняют недостатки работы на разных режимах, прослушиванием работающего станка выявляют наличие шумов и стуков и их характер.

Перед разборкой необходимо ознакомиться с конструкцией механизмов и узлов станка, назначением и способом крепления отдельных его деталей, изучить кинематическую схему и узловые чертежи станка (особенно в случае уникальных станков).

При отсутствии сборочных чертежей следует разработать схему последовательности разборки станка на узлы и детали. Все детали в процессе разборки рекомендуются маркировать и помечать их взаимное расположение в узлах.

Сначала станки разбирают на сборочные единицы, затем -

на детали. Вначале снимают те детали и механизмы, разборке которых не мешают другие части станка. Для снятия тяжелых узлов и деталей применяют краны, тали и другие подъемные механизмы. Станины, столы, траверсы и т.п. необходимо зачаливать особенно тщательно, так как они могут опрокидываться во время подъема.

Разборку станка необходимо производить инструментами и приспособлениями, исключая возможность порчи годных деталей. Применяя для разборки молоток, необходимо пользоваться подкладками из дерева или легкого металла; разбираемые детали надо снимать без перекосов и повреждений; при заедании деталей нужно выяснить причину и устранить ее; для снятия туго посаженных деталей применяют медные выколотки, съемники, рычажные и гидравлические прессы. Для облегчения разборки места соединения деталей смачивают керосином, небольшие узлы помещают на 20–30 минут в ванну с керосином. Можно также применять быстрый нагрев охватывающей детали до температуры 100–200°С; детали каждого разбираемого узла необходимо укладывать в отдельную тару, а крупные детали - укладывать на подставки возле ремонтируемого станка; крепежные детали при полной разборке узла необходимо складывать в отдельную тару, а при частичной разборке - вставлять в предназначенные для них отверстия; при разборке сложных узлов на нерабочих поверхностях деталей следует наносить метки, облегчающие последующую сборку узла. После разборки станка детали и узлы должны быть очищены и промыты. Рекомендуемые растворы и промывочные жидкости для промывки деталей приведены на стр. 337.

Очистка может производиться термическим (огневым), механическим (щетками, шарошками), абразивным (гидропескоструйными установками) и химическим (специальными пастами или растворами) способами.

Промывка деталей может производиться в ваннах или моечных машинах. Для промывки и очистки деталей в последнее время получают распространение ультразвуковые ванны. При определении пригодности деталей для дальнейшей работы их разбраковывают на 3 группы: годные, требующие ремонта или восстановления и негодные, подлежащие замене. Затем производят ремонт деталей, начиная с базовых (станин, корпусов коробок) и деталей, имеющих сложный техно-

логический процесс изготовления или восстановления. Восстановление размеров деталей производится точно по чертежам или по ремонтным размерам в случае дальнейшего использования сопрягаемой детали станка.

После окончания ремонта или восстановления деталей и замены изношенных деталей приступают к сборке узлов и станка в целом.

Сборка производится в порядке, обратном разборке, т.е. детали, снятые при разборке последними, устанавливаются при сборке первыми. В процессе сборки контролируют точность и правильность сборки отдельных механизмов и узлов.

При сборке соединяемые детали образуют своими размерами определенную размерную цепь. После определения размера и пригонки компенсирующего звена производят сборку и проверку обеспечения требуемой точности положения составляющих звеньев. При этом необходимо обеспечить наличие и требуемые величины зазоров в подвижных соединениях. Для проверки правильности сборки механизма производят его обкатку. При достижении требуемой точности и характеристики работы механизма сборку считают законченной.

По окончании сборки станка производят его обкатку на холостом ходу и под нагрузкой. При обкатке станков на холостом ходу проверяют работу блокировочных, тормозных и фрикционных механизмов; бесшумность и надежность всех передач, делительных механизмов, органов управления; люфты в винтовых передачах; состояние трущихся пар и температуру нагревания подшипников; правильность работы системы смазки и охлаждения; надежность и безопасность работы электрооборудования.

При обкатке под нагрузкой проверяют надежность работы станка с полной нагрузкой при нормальной мощности в течение 20–30 минут; исправность работы всех механизмов без вибраций, шума и нагрева подшипников; легкость и плавность переключения, отсутствие самовыключений; плавность и легкость скольжения механизмов по направляющим; бесперебойность функционирования гидросистемы, системы смазки и охлаждения; отсутствие отклонений по скоростям (допускается отклонение скоростей при работе станка от скоростей на холостом ходу до 5%); технологическую точность и качество обработки изделий.

### **3.6. СЛЕСАРНЫЕ И СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

При ремонте в условиях эксплуатации машин методы разработки и осуществления процессов сборки машин, базируются в основном на принципе концентрации операций на одном рабочем месте.

В этих условиях применяют универсальные станки и оснастку, механизированный и немеханизированный слесарно-сборочный инструмент, простые сборочные стенды. Из подъемно-транспортных средств часто применяют мостовые подъемные краны, местные подъемники, тельферы и т.п.

В процессе ремонта изделий приходится выполнять разноплановые слесарные работы, связанных однородностью решаемых технологических задач:

- 1) демонтаж и разборка изделия;
- 2) пригоночно-доводочные работы при восстановлении деталей;
- 3) слесарно-доделочные работы (зачистка заусенцев, опилование, сверление отверстий, нарезание резьбы и пр.);
- 4) слесарно-вспомогательные работы (изготовление прокладок, шайб, пружин, скоб и других деталей, резка и гибка труб);
- 5) балансировка деталей и сборочных единиц;
- 6) собственно сборочные работы;
- 7) обкатка и испытания сборочных единиц и изделий (гидроиспытания, проверка плавности хода, пятен контакта зубьев и др.) и т.д.

#### **3.6.1. Разборка неподвижных разъемных соединений**

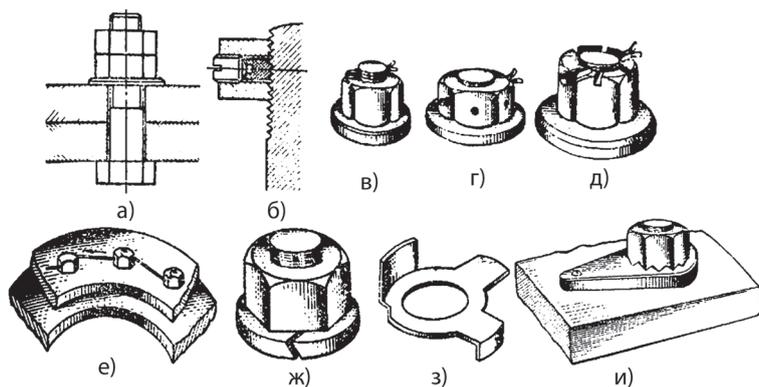
К неподвижным разъемным соединениям относят соединения, которые можно разобрать на составные детали, которые образуют эту сборочную единицу, без повреждения. К таким сборочным единицам следует отнести неподвижное крепление деталей на валу, т.е. детали, закрепляемые на фланцах; конусные, шлицевые, шпоночные, штифтовые и болтовые соединения; соединения образуемые посредством посадок и т.п.

### 3.6.2. Разборка резьбовых соединений и инструмент

Разборку резьбового соединения начинают с освобождения его от стопорных устройств, предохраняющих гайки от самоотвинчивания (рис. 3.1). Вначале отгибают зубилом усики или края шайб, загнутые за грань гайки, удаляют шплинты и др.

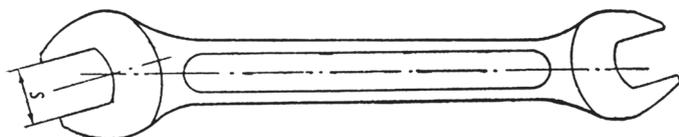
При стопорении соединения контргайкой в первую очередь ее отвинчивают. Отвинчивать гайки следует нормальными гаечными ключами соответствующего размера.

**Ключи гаечные двухсторонние** (рис. 3.2) являются наиболее распространенным типом ручных ключей для завинчивания и отвинчивания болтов, винтов и гаек, имеющих шестигранные и квадратные головки. Размеры зева ключа  $S$  должны



**Рис. 3.1. Стопорение гаек:**

а - контргайкой; б - винтом, ввинченным в гайку; в - разводным шплинтом, вставленным в отверстие болта; г - разводным шплинтом, вставленным в сквозное отверстие в гранях гайки; д - шплинтом в пазу корончатой гайки; е - проволокой; ж - пружинной шайбой; з - деформируемой шайбой; и - фигурной плоской пружиной



**Рис. 3.2. Ключ гаечный двухсторонний**

соответствовать одноименным размерам гаек или головок болтов. Размеры зевов ключей обозначаются на рукоятке.

**Накидные (накладные) ключи** (рис. 3.3.) в отличие от открытых имеют замкнутый контур и охватывают все грани гайки, что придает им большую жесткость и увеличивает срок службы.

Контур зева этих ключей обычно представляет собой шестигранник, двенадцатигранник, квадрат или восьмигранник.

У стандартного накидного ключа зев имеет форму закрытого двенадцатигранника. Таким ключом можно поворачивать гайку или болт на  $\frac{1}{12}$  оборота, что очень важно при работе в стесненных условиях, когда нельзя допустить большого размаха ключа. Недостатком этих ключей, так же как и открытых, является необходимость перестановки их на новую грань после каждого поворота.

**Трещоточные ключи** применяют при завинчивании болтов и гаек в неудобных местах, где поворот ключа возможен только на незначительный угол, особенно при резьбовых соединениях крупных размеров.

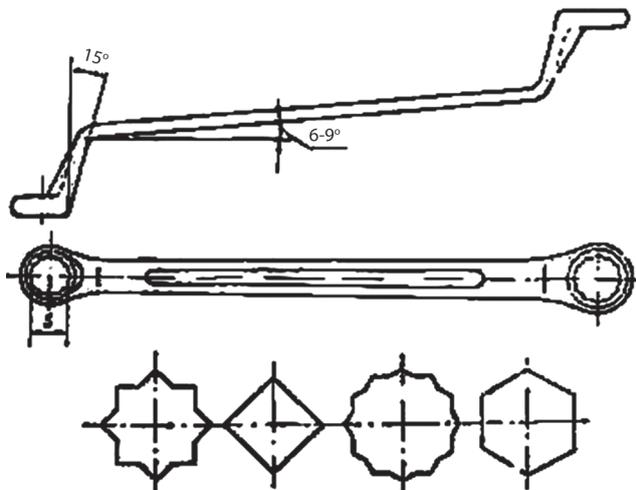


Рис. 3.3. Накидные ключи

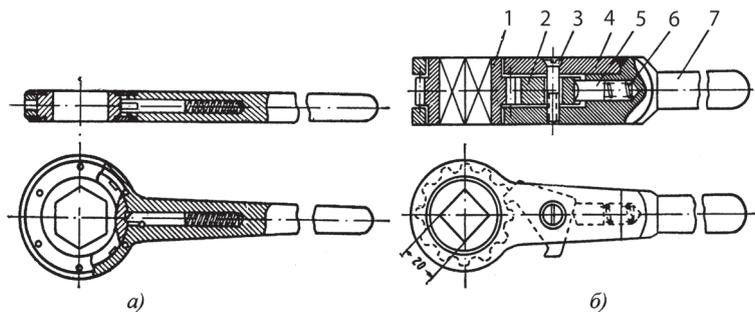


Рис. 3.4. Трещоточные ключи

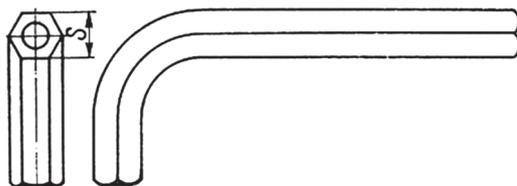


Рис. 3.5. Торцовый ключ

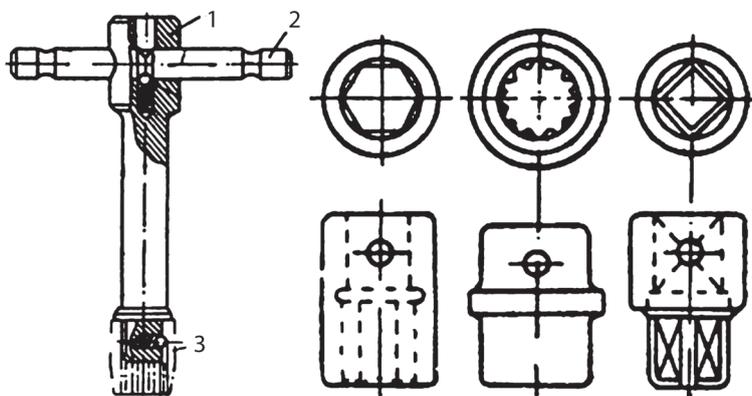


Рис. 3.6. Универсальный торцовый ключ со сменными головками

Стандартный трехзубчатый ключ (рис. 3.4, а) отличаются по сравнительно сложной конструкции, недостатком которой следует также считать быстрый износ рабочих поверхностей.

Ключ (рис. 3.4, б) состоит из рукоятки 7, храповика 1, собачки 2, установленной на винте 3, накладке 4 и пальца 5 с пружиной 6. Собачку можно переключать как в положение для завинчивания, так и в положение для отвинчивания.

В отличие от обычных открытых и закрытых (накладных) гаечных ключей, **торцовые ключи** (рис. 3.5) можно вращать, не переставляя с грани на грань. Поэтому на завинчивание болтов или гаек торцовыми ключами при одинаковых условиях затрачивается меньше времени, чем на завинчивание простыми гаечными ключами.

На рис. 3.6 изображен *универсальный торцовый ключ со сменными головками*. Он состоит из стержня 1, воротка 2 и сменной головки 3. Стержень такого ключа имеет с одного конца квадрат с шариковым устройством, фиксирующим сменную головку, а с противоположного - отверстие с аналогичным устройством для закрепления воротка в наиболее удобном положении.

Воротки или поперечины торцовых ключей изготавливаются трех типов: жестко соединенные со стержнем, посаженные со скольжением и изогнутые. При завинчивании болтов небольших размеров более удобной является изогнутая поперечина; ею можно пользоваться как рукояткой для непрерывного вращения ключа, благодаря чему отпадает необходимость в периодических остановках для изменения положения рук рабочего. Для завинчивания резьбовых деталей более крупных размеров, где требуются значительные усилия, рекомендуются накладные торцовые ключи.

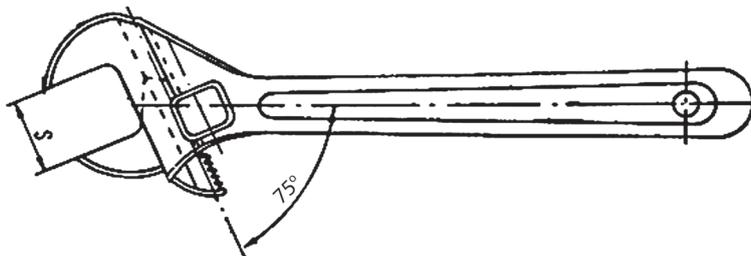


Рис. 3.7. Раздвижной гаечный ключ

**Раздвижными гаечными ключами** при ремонте пользоваться не рекомендуется. Их следует применять лишь при отсутствии нужного ключа, накладывая на гайку или головку болта так, чтобы поворот ключа был в сторону подвижной части ключа (рис. 3.7).

Если гайка не отвинчивается, необходимо сначала попытаться закрутить ее на  $\frac{1}{4}$  оборота, а затем отвинчивать. Целесообразно также предварительно постучать по граням гайки молотком, залить между гайкой и стержнем болта керосин и, спустя 20–25 минут, вновь отвинчивать гайку.

Если это не помогает, то гайку нагревают паяльной лампой или другим способом, а затем отвинчивают. Когда гайку не удастся отвернуть ключом, используют зубило, которое устанавливают по периферии гайки и наносят по нему удары молотком так, чтобы направление удара способствовало свинчиванию гайки. При таком способе на гайке остаются следы от зубила и гайку обычно заменяют.

Когда ни один из указанных приемов не дает результатов, гайку осторожно разрубают зубилом (в крупных гайках для облегчения разрубания просверливают отверстия).

### **3.6.3. Разборка подвижных разъемных соединений**

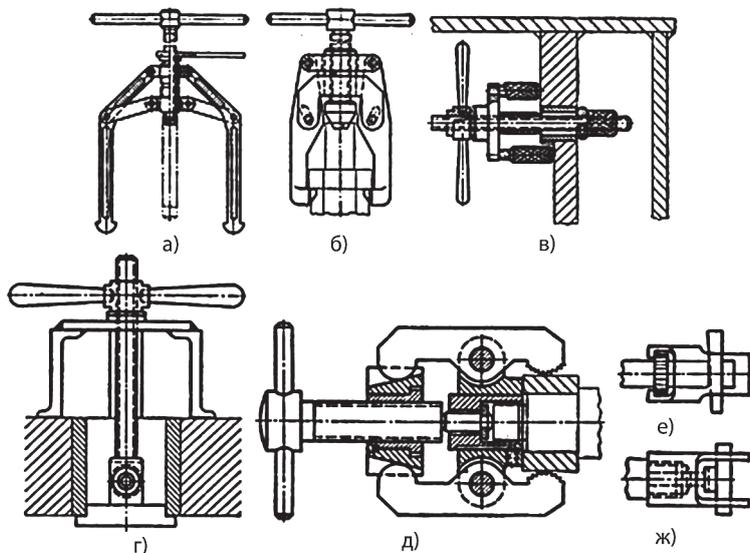
Эти соединения разбираются в большинстве случаев при незначительных усилиях, которые прилагаются к соединению посредством молотка с медным наконечником. При использовании для разборки обычного молотка необходимо пользоваться подставками из дерева или легкого металла; разбираемые детали надо снимать без перекосов и повреждений; при заедании деталей нужно выяснить причину и устранить ее; для снятия туго посаженных деталей применяют медные выколотки, съемники (рис. 3.8), рычажные и гидравлические прессы. Для облегчения разборки места соединения деталей смачивают керосином, небольшие узлы помещают на 20–30 минут в ванну с керосином.

**Подготовительно-заключительные операции**, которые входят в сборочные работы, - комплектация, расконсервация, промывка и контроль деталей перед сборкой, координирование и сопряжение деталей, регулирование в процессе сборки, фиксация относительного положения деталей и контроль точ-

ности сборки. В эту группу входят также операции по промежуточной сборке деталей для их совместной обработки, определения размера детали-компенсатора.

Под **обкаткой изделия** понимают приработку пар трения, выявление дефектов в процессе работы механизмов изделия в соответствующих режимах, выполняемых на сборке с целью обеспечения технических требований. Испытания, которые часто могут совмещаться с обкаткой, предназначены для проверки соблюдения этих требований.

**Пригоночные и доделочные операции** выделены в самостоятельные группы. Пригоночные операции возникают главным образом из-за погрешностей размеров, формы и расположения поверхностей деталей, из-за неувязки допусков в многозвенных сборочных цепях. Основным направлением повышения точности сборки и сокращения пригоночных работ является тщательная размерная отработка узлов и машин на основе расчета сборочных размерных цепей, а также повыше-



**Рис. 3.8. Съёмники, применяемые для снятия шкивов, шестерен и выпрессовки втулок:**

а-ж - типы различного назначения

ние точности обработки деталей на металлорежущих станках.

*Слесарно-доделочные работы* связаны в основном с недостаточной оснащенностью процессов механической обработки деталей на станках.

Слесарно-доделочные и *слесарно-вспомогательные работы*, необходимость выполнения которых на сборке при ремонте обусловлена характером выполняемых работ и применением универсального оборудования, по своей сущности не являются сборочными, но требуют мобилизации знаний и опыта для осуществления при ремонте процесса образования сборочных единиц на сборке.

#### **3.6.4. Промывка деталей**

Для обезжиривания деталей применяют щелочные растворы, уайт-спирит, авиационный бензин, трихлорэтилен, дихлорэтилен, ацетон и некоторые другие органические растворители.

Промывка деталей в горячих щелочных растворах обеспечивает безопасные условия работы и более производительна.

Наибольшее применение имеют растворы следующих составов:

- на 1 л воды 7 г каустической соды, 11 г кальцинированной соды, 9 г фосфорнокислого натрия и 1,5 г зеленого мыла;
- на 1 л воды 23 г едкого натра, 6 г углекислого натрия и 3 г зеленого мыла;
- на 1 л воды 10 г жидкого стекла и 5 г каустической соды.

В качестве моечных растворов можно использовать следующие водные растворы щелочей:

- 3–5%-ный раствор кальцинированной соды, в который для лучшего обезжиривания добавляют от 3 до 10 г мыла на 1 л раствора;
- 0,5%-ный водный раствор мыла.

Для промывки алюминиевых деталей применяют водный раствор тринатрийфосфата и кальцинированной соды (по 30 г на 1 л воды).

Все эти растворы применяют в подогретом состоянии (60–80°С).

Мелкие детали можно промывать и обезжиривать на специальных моечных машинах. Для промывки и консервации таких деталей целесообразно оборудовать отдельные участки или стенды.

Для экономии керосина при промывке малогабаритных деталей применяют промывочные баки, оборудованные внутри металлической решеткой. В бак вначале наливают воду, уровень которой должен быть ниже решетки на 30–50 мм. Поверх воды до уровня 0,7–0,8 высоты бака заливают керосин, который благодаря меньшему удельному весу всегда находится сверху над решеткой. Промываемые детали кладут на решетку бака в керосин и при помощи щетки промывают их. После промывки воду вместе с осевшей грязью спускают через нижний спускной пробковый кран, в бак доливают свежей воды, а оставшийся керосин повторно используют при очередной промывке. Многократное использование керосина сокращает его расход в 2–3 раза.

Сжатый воздух, подаваемый под давлением 3–6 атм, применяют для быстрой просушки деталей после промывки, а также для удаления посторонних частиц из труднодоступных мест. Кроме того, продувкой сжатым воздухом можно проверить наличие смазочных или других сквозных отверстий в том случае, если не представляется возможным осмотреть их другим способом.

Обдувают детали через наконечники, снабженные пусковым устройством и соплом требуемой формы и размера. Сжатый воздух, применяемый при обдуве деталей, должен быть сухим. Поэтому в воздушной сети у воздухоотводов необходимо ставить влаго- и маслоотделители.

### **3.6.5. Травление труб и трубопроводов**

Трубы и детали трубопроводов, используемых при заготовке и монтаже систем смазки и гидравлики, покрыты окисленной и коррозией, а в сварных стыках трубопровода образуются грат и шлак, которые могут привести к неисправности подшипниковых опор и гидравлических приводов. Поэтому их внутренние поверхности подлежат очистке. Наибольшее распространение получила химическая очистка - травление.

Травление труб, узлов и деталей трубопроводов 20%-ным раствором серной кислоты, нагретой до 50–60°С, или соляной кислоты при 30–40°С производят в ваннах. Процесс травления состоит из следующих операций:

- 1) обработка в растворе кислоты;
- 2) промывка в воде;
- 3) нейтрализация содовым или известковым раствором;

4) сушка на воздухе;

5) промасливание в ванне и закрытие торцов заглушками.

Травление серной и соляной кислотами - трудоемкая операция, не обеспечивающая безопасные условия производства работ, и к тому же протравленные поверхности, несмотря на промасливание, быстро вновь покрываются коррозией.

Травление в 15–20 %-ном растворе ортофосфорной кислоты обеспечивает лучшие результаты. Данная кислота в слабых растворах (2%-ных) образует на поверхности металла тонкую пассивирующую пленку фосфатов железа, способную противостоять воздушной и водяной коррозии в течение длительного времени (около 6 месяцев); 15–20%-ный раствор ортофосфорной кислоты не оказывает обжигающего действия на кожу человека.

Применяют два варианта травления труб и узлов: в ваннах и струйным методом.

**Травление в ваннах** осуществляют 15–20%-ным раствором ортофосфорной кислоты, подогретой до 50°С; пассивация в другой ванне в 2%-ном растворе ортофосфорной кислоты; сушка труб на стеллажах горячим воздухом (продувка воздухом от компрессора) и закрытие торцов труб (узлов) пробками.

Длительность травления зависит от глубины коррозии и составляет 6–12 часов, пассивация - 1–2 часа. Нормально протравленный металл должен иметь шероховатую поверхность серо-стального цвета.

Трубы, законсервированные маслом, перед травлением должны пройти обезжиривание в 2–3%-ном растворе щелочи (NaOH) с добавлением эмульгатора ОП-7 или ОП-10 (10–15 г/л) и тринатрийфосфата (20–30 г/л). Ванны изготавливают из углеродистой стали, зафутерованной кислотостойкой резиной, или стали 12Х18Н10Т.

Для приготовления растворов кислот ванну заполняют водой на  $\frac{3}{4}$  рабочей высоты, а затем вливают кислоту в ванну, перемешивая раствор. Количество кислоты, необходимой для получения требуемого состава раствора:

$$Q = \frac{VC\gamma}{k},$$

где V - полезный объем ванны для травильного раствора, дм<sup>3</sup>;

$C$  - концентрация травильного раствора, %;  $\gamma$  - плотность травильного раствора;  $k$  - концентрация технической кислоты, %.

Получил распространение **струйный метод травления** 15–20%-ным раствором ортофосфорной кислоты, при котором обеспечивается необходимая интенсивность процесса и быстрое удаление образующихся при травлении шламов. Этот способ можно применять как при травлении труб в ваннах, так и для смонтированных трубопроводов (обвязочных и магистральных).

В первом случае - с помощью кислотоупорного насоса, обеспечивающего циркуляцию раствора через трубы, уложенные непосредственно в ванне; после травления трубы пассивируют и сушат.

Во втором случае - после монтажа трубопроводы отсоединяют от устройства гидросистемы машины, продувают сжатым воздухом с предварительным обстукиванием сварных швов, а затем закольцовывают и с помощью заглушек исключают из контура устройств гидросистемы и испытывают на герметичность. Затем закольцованный участок трубопровода, подлежащий травлению, подключают к установке и производят химическую очистку его внутренней поверхности.

Травление производят при циркуляции 15–20%-ного раствора кислоты, нагретого до 50–70° С, по закольцованному трубопроводу сначала в одном направлении, затем в обратном. Продолжительность травления составляет 2–12 часов и зависит от состояния внутренней поверхности труб. Как показала практика, раствор кислоты при продолжительности травления 2–6 часов не разрушает уплотняющие поверхности арматуры и прокладки во фланцевых соединениях. При химической очистке трубопроводов продолжительностью свыше 6 часов арматуру, входящую в закольцованный контур, заменяют катушками.

При монтаже трубопроводов из травленных в ванне труб, при соединении их газовой, аргонодуговой сваркой или с помощью муфт и в раструб травление маслопроводов в закольцованном виде заменяют промывкой.

После травления в соответствии с общепринятой технологией необходимо выполнить пассивацию трубопровода и сушку внутренней поверхности. При способе травления в ванне это не представляет трудности, так как трубы, уложенные на стеллажах, можно легко просушить сжатым воздухом от компрес-

сора. Просушить смонтированный трубопровод трудно, так как коммуникации имеют большое сопротивление и необходимы калориферы и мощный компрессор. Учитывая этот фактор и то, что монтаж смазочных систем и систем гидравлики заканчивают к моменту начала обкатки оборудования, т.е. к моменту его сдачи под пусконаладочные работы, пассивацию трубопроводов, протравленных в замкнутом контуре, заменяют промывкой 2–3%-ным раствором каустической соды, подогретым до 40–50°С, в течение 6–8 часов. Такая промывка нейтрализует остатки кислотного раствора и позволяет исключить промывку системы раствором масла и керосина (1:1) и использовать для этих целей рабочее масло. Чистоту внутренней поверхности труб проверяют осмотром сетчатых фильтров и наличием осадка на фильтровальной бумаге. Остатки кислотного моющего и щелочного растворов из трубопровода удаляют сжатым воздухом.

### **3.7. РЕМОНТ И СБОРКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МАШИН, СТАНКОВ И МЕХАНИЗМОВ**

При ремонте производственных машин, станков и механизмов необходимо пользоваться Руководством по эксплуатации (РЭ), в котором содержатся исчерпывающие сведения по конструкции и взаимодействию компонентов (механической передач и других устройств) конструкции.

При изготовлении новых деталей для ремонта и при выполнении сборочных работ следует руководствоваться техническими требованиями рабочих чертежей,

При разработке ремонтных чертежей следует учесть, что для проведения ремонта с использованием изношенных деталей возможны два основных метода их восстановления:

– *метод номинальных размеров*, предусматривающий изготовление новых деталей взамен изношенных или восстановление изношенных деталей согласно первоначальным размерам чертежей на детали. Для восстановления деталей могут быть использованы все доступные технологические методы, связанные с введением дополнительных частей и компенсаторов износа, восстановление путем пластических деформаций и все способы, обеспечивающие наращивание металла на изношенные поверхности (металлизация,

гальванические покрытия, электроимпульсное нанесение металла, наплавка);

– *метод ремонтных размеров*, предусматривающий восстановление геометрической формы и чистоты поверхности детали без сохранения ее первоначальных размеров. При этом методе, как правило, восстановлению подлежат детали более трудоемкие в изготовлении. С изношенных поверхностей этих деталей механической обработкой удаляются следы износа до размеров, при которых восстанавливается геометрическая форма и шероховатость рабочей поверхности. Сопрягаемые детали изготавливаются по скорректированным размерам, учитывающим изменение размеров, полученных в результате съема металла с изношенных поверхностей на восстановленной детали.

Особенностью данного метода является то, что механической обработкой, снимая дефектный слой с поверхности детали в ту же сторону, что и износ, восстанавливают функциональное назначение отремонтированной детали, но с размерами, отличающимися от предусмотренных чертежом номинальных размеров, т.е. производят исправление изношенной детали.

Различают свободные и регламентированные размеры.

**Свободным ремонтным размером** называют ремонтный размер, величина которого на чертеже не регламентируется отклонениями допусков.

**Регламентированные ремонтные размеры**, которые учитывают ремонтные размеры, полученные в результате исправления сопряженной детали, и для нормальной работы сопряжения должны регламентироваться отклонениями допусков.

При изготовлении деталей по ремонтным размерам должна быть обеспечена возможность получения правильной геометрической формы и шероховатости поверхности детали при наличии некоторых неточностей ее установки на станке, а также полное удаление дефектного слоя металла на восстанавливаемой поверхности.

Если нет возможности увязать ремонтные размеры сопрягаемых деталей отклонениями допусков, то назначают свободные размеры таким образом, чтобы можно было при сборке получить необходимое сопряжение деталей методом индивидуальной пригонки. Недостаток свободных ремонтных размеров заключается в том, что невозможно заранее изготовить сопрягаемые детали в окончательно обработанном виде,

чтобы можно было при сборке быстро поставить сопрягаемые детали в машину без пригоночных работ.

### 3.7.1. Применение компенсаторов

Применение компенсаторов (рис. 3.9) позволяет получить точность сопряжения деталей при сборке с помощью специальных деталей - компенсаторов. Компенсаторы восполняют отклонения в размерах.

Они позволяют отрегулировать сопряжение в пределах заданной точности. Компенсаторы делятся на подвижные и неподвижные.

К неподвижным компенсаторам относятся регулировочные прокладки, шайбы, промежуточные кольца.

К подвижным компенсаторам относятся клинья, втулки, пружины, эксцентричные детали, регулировочные винты и гайки, которые позволяют также компенсировать износ деталей во время эксплуатации и восстанавливать точность операции, выполняемой машиной.

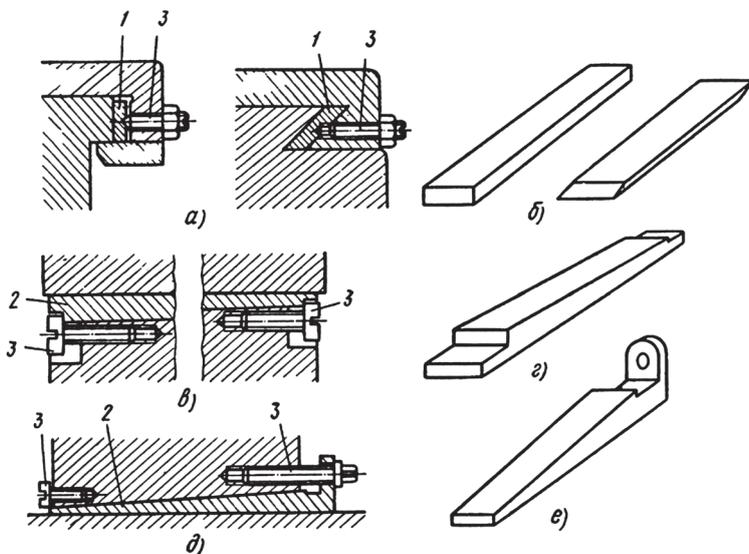


Рис. 3.9. Компенсаторы:

а, б – планки; в, г, д, е – клинья; 1 - установка планок; 2 - установка клиньев; 3 - регулировочные (натяжные) винты

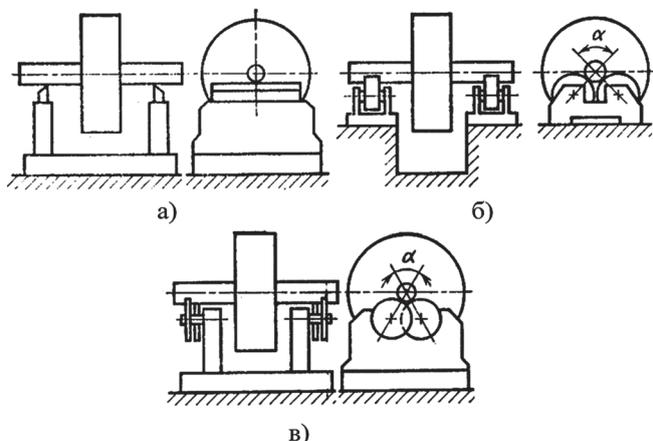
### 3.7.2. Балансировка деталей

Быстровращающиеся детали (шкивы, муфты, шестерни и т.п) перед сборкой должны быть проверены на остаточный дисбаланс. После сборки вращающейся сборочной единицы, в которую входят сбалансированные детали (например: валы, насадные шестерни, муфты и др.) и другие детали (шпонки, штифты, стопорные винты и др.), в результате перераспределения масс возможно появление у нее неуравновешенности относительно оси вращения, поэтому целесообразно проверить также наличие дисбаланса у всей сборочной единицы.

Существует статическая и динамическая балансировка деталей.

**Статическая балансировка** может уравнивать деталь относительно ее оси вращения, но не может устранить действие сил, стремящихся повернуть деталь вдоль продольной ее оси. Статическую балансировку производят на ножах или призмах, роликах (рис. 3.10). Ножи, призмы и ролики должны быть калеными и шлифованными и перед балансировкой проверены на горизонтальность.

Балансировку шкива выполняют следующим образом. На ободе шкива предварительно наносят мелом черту и сообща-



**Рис. 3.10. Схемы установок для статической балансировки вращающихся деталей и сборочных единиц:**

а - на параллельных призмах; б - на роликовых опорах;  
в - на дисковых опорах

ют ему вращение. Вращение шкива повторяют 3–4 раза. Если меловая черта будет останавливаться в разных положениях, то это будет указывать на то, что шкив сбалансирован правильно. Если меловая черта каждый раз будет останавливаться в одном положении, то это значит, что часть шкива, находящаяся внизу, тяжелее противоположной. Чтобы устранить это, уменьшают массу тяжелой части высверливанием отверстий или увеличивают массу противоположной части обода шкива, высверлив отверстия, а затем залив их свинцом.

**Динамическая балансировка** устраняет оба вида неуравновешенности. Динамической балансировке подвергают быстроходные детали со значительным отношением длины к диаметру (роторы турбин, генераторов, электродвигателей, быстровращающиеся шпиндели станков, коленчатые валы автомобильных и авиационных двигателей и т.д.).

Динамическую балансировку производят на специальных станках высококвалифицированные рабочие. При динамической балансировке определяют величину и положение массы, которые нужно приложить к детали или отнять от нее, чтобы деталь оказалась уравновешенной статически и динамически.

Центробежные силы и моменты инерции, вызванные вращением неуравновешенной детали, создают колебательные движения из-за упругой податливости опор. Причем колебания их пропорциональны величине неуравновешенных центробежных сил, действующих на опоры. На этом принципе основана балансировка деталей и сборочных единиц машин.

Динамическая балансировка, выполняемая на электрических автоматизированных балансировочных станках, в интервале 1–2 минут станок выдает данные: глубину и диаметр сверления, массу грузов, размеры контргрузов и места, где необходимо закрепить и снять грузы, а также амплитуду колебаний опор.

### **3.7.3. Точность сборки при ремонте производственного оборудования**

Под точностью сборки при ремонте машин подразумевается степень воспроизведения первоначального совпадения материальных осей, контактирующих поверхностей или иных элементов сопрягающихся деталей с положением их, определяемым соответствующими размерами на чертеже или техническими требованиями, вытекающими из функ-

ционального назначения машины или механизма.

Обычно при ремонте руководствуются рабочими чертежами, где указаны требуемая размерная точность (предельные отклонения размеров), предельные отклонения формы и расположения поверхностей деталей и значения шероховатости сопрягаемых поверхностей деталей в машине или механизме.

Посадки, как правило, должны назначаться в системе отверстия или системе вала. Применение системы отверстия предпочтительнее. Систему вала следует применять только в тех случаях, когда это оправдано конструктивными или экономическими условиями, например, если необходимо получить разные посадки нескольких деталей с отверстиями на одном гладком валу. При посадке подшипников качения в корпус в первую очередь рекомендуется назначать предпочтительные посадки.

В системе квалитетов отклонения размеров а-h предназначены для образования полей допусков и посадок с зазорами; j<sub>s</sub>, k, m, n – переходных; p - zc - с натягами. Для валов предпочтительными являются 16 полей допусков (q6, h6, js6, k6, n6, p6, r6, s6, js7, h7, e8, h8, d9, h9, d11 и h11) и 10 полей для отверстий (H7, Js7, K7, P7, N7, F8, H8, E9, H9 и H11).

Для размеров от 1 до 500 мм приведены в табл. 3.8 и 3.9 наиболее распространенные сочетания полей допусков для образования посадок.

Правильный выбор посадок и значений шероховатости

Т а б л и ц а 3.8

**Рекомендуемые посадки в системе отверстия**

Основное отверстие	Основные отклонения валов													
	d	e	f	g	h		j <sub>s</sub>	k	m	n	p	r	s	u
	Посадки													
H6				H6 g5	H6 h5		H6 j <sub>s</sub> 5		H6 m5					
H7			H7 f7	H7 g6	H7 h6		H7 j <sub>s</sub> 6	H7 k6	H7 m6	H7 n6	H7 p6	H7 r6		
H8		H8 e8	H8 f9		H8 h7	H8 h8	H8 h9						H8 s7	H8 u8
H9		H9 e8	H9 f9		H9 h8	H9 h9								
H11	H11 d11				H11 d11									

Т а б л и ц а 3.9

**Рекомендуемые посадки в системе вала**

Основной вал	Основные отклонения отверстий					
	D	E	G	H	J <sub>s</sub>	K
	Посадки					
h6			$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{J_s7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$
h7				$\frac{H8}{h7}$		
h8		$\frac{E9}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$ $\frac{H9}{h8}$		
h9		$\frac{E9}{h9}$		$\frac{H8}{h9}$ $\frac{H9}{h9}$		
h11	$\frac{D11}{h11}$			$\frac{H11}{h11}$		

поверхностей в сопряжениях, кроме увеличения общего срока службы всей машины, имеет большое значение для обеспечения равностойкости (в отношении износа) ее отдельных сборочных единиц и деталей.

Иными словами, крайне желательно, чтобы сопрягающиеся детали изнашивались равномерно, равно как и все детали одной сборочной единицы. В этом случае облегчается ремонт машины, который может быть сведен к последовательной замене через определенные промежутки времени отдельных ее частей.

Если чертежей нет, то следует руководствоваться общими рекомендациями по выбору допусков и посадок. Несмотря на чрезвычайно широко разнообразие служебного назначения машин, основные показатели их точности общие: точность относительного движения исполнительных поверхностей, точности их геометрических форм и расстояний между этими поверхностями и точность их относительных поворотов. Эти показатели точности в общем виде относятся и к машине, отдельному механизму и к их деталям.

**3.7.4. Измерения и измерительные инструменты**

При выборе измерительных средств и методов контроля деталей основным фактором является погрешность измерения.

Ошибки измерения тем меньше, чем точнее применяющиеся при измерении инструменты и чем тщательнее и квалифицированнее производится измерение. Чем точнее задан измеряемый размер, тем точнее должны быть инструмент для измерения и методы измерения.

Все измерительные средства, начиная от эталонов до рабочих калибров и других измерителей, должны регулярно проверяться на соответствие установленной для них точности размеров.

При измерениях больших размеров и при повышенной точности размеров необходимо учитывать влияние разности температур измеряемых деталей и измеряющих инструментов.

Повышение температуры деталей при обработке вызывает увеличение их линейных размеров. Это изменение можно определить по формуле:

$$\delta_t = (T - 20^\circ)L_1K,$$

где  $\delta_t$  – изменение размера от изменения температуры в мм;  $L$  – измеряемый размер при температуре  $20^\circ$ ;  $K$  – коэффициент линейного расширения в миллиметрах на  $1^\circ\text{C}$ ;  $T$  – температура изделия (или инструмента), при которой производится измерение;  $20^\circ$  – постоянная температура, при которой производится тарировка и паспортизация измерительных инструментов.

Коэффициенты линейного расширения для наиболее часто встречающихся в механической обработке материалов следующие: для стали – 0,0000105; для чугуна – 0,0000101; для бронзы – 0,0000171; для алюминия – 0,0000224.

Для практического применения при измерении с достаточной точностью можно делать приближенную поправку: 0,001 мм на 100 мм измеряемой длины и на  $1^\circ\text{C}$  разности температур для стали и чугуна; 0,0015 мм – для бронзы и латуни и 0,0023 мм – для алюминия.

При измерении скобой стального валика диаметром 100 мм при нагреве его до  $35^\circ\text{C}$  и при температуре окружающего воздуха и инструмента  $20^\circ$  температурная ошибка измерения будет равна 0,015 мм, что соответствует, при скользящей посадке 70% всего поля допуска на этот диаметр по  $h_6$  и 20% поля допуска по  $h_8$ .

В целях получения высокой точности измерения необходимо:

1) перед проведением измерений выровнять температуру измеряемых деталей с температурой помещения, в котором производится измерение. Поэтому необходимо поддерживать в помещении постоянную температуру (для измерения с высокой точностью необходимо выдерживать температуру равную 20° С, с отклонениями от нее не более  $\pm 2^\circ$  С);

2) не допускать нагрева изделия при обработке, применяя обильное охлаждение;

3) измерительный инструмент, особенно скобы, снабжать теплоизолирующими накладками, за которые берут руками инструмент во время измерения;

4) не прилагать больших усилий при измерениях, так как это приведет к искажению размера, особенно при пользовании инструментами типа скоб, за счет их упругой деформации. Инструмент при измерении наружных диаметров следует поддерживать над измеряемой деталью на весу.

Необходимо постоянно следить за тем, чтобы обращение с измерительным инструментом было аккуратное. Как правило, измерительные инструменты на рабочем месте должны лежать на деревянных подкладках, а особо точные инструменты должны храниться в футлярах, обтянутых мягким материалом.

Кроме измерительных приборов, передающих измеряемый размер на измерительную шкалу механическим путем (штангенциркуль, микрометры, штихмасы, индикаторы и др.), имеются приборы, в которых передача размера или его отклонения на эталонную шкалу производится оптическим (оптические микрометры, оптиметр, оптические угломеры, шагомеры и др.) или электрическим путем (электроконтактные измерительные предельные головки и др.).

При измерениях следует учитывать следующие группы вероятных ошибок:

а) от неточности самого инструмента – неточности градуировки шкал и микрометрических винтов, непараллельности измерительных поверхностей, неточности передающих механизмов; эти вероятные неточности суммарно указываются в паспорте инструмента;

б) от неточного чтения размера на измерительной шкале; это в большинстве случаев субъективные ошибки, зависящие от квалификации того, кто производит измерения; обязатель-

ными условиями для правильного чтения показаний на шкалах измерительных инструментов являются хорошая освещенность шкалы и перпендикулярное линии зрения к поверхности шкалы; при точных измерениях необходимо минимум дважды прочитывать показания инструмента;

в) от неправильного положения инструмента во время измерения; правильный размер отыскивается легким покачиванием инструмента относительно измеряемых поверхностей при одновременном регулировании расстояния между измеряющими поверхностями до тех пор, пока инструмент не получит в контакте с деталью устойчивого положения. Производить измерение вращающихся поверхностей не следует;

г) от загрязнения измеряемых поверхностей детали и измерительных поверхностей инструмента;

д) от разности температур измеряемой детали и инструмента, о чем уже сказано раньше.

Измерение точности больших деталей представляет значительные трудности, так как при увеличении измеряемого размера возрастают и ошибки измерения, связанные с деформацией инструмента в процессе измерения, с разностью температур измеряемой детали и инструмента и др.

Только температурные ошибки при разности температур  $5^{\circ}$  составят при диаметре 2000 мм более 10000 мкм. Примерно такой же величины ошибку, как и температурные изменения, дает прогиб скобы под влиянием собственного веса при наложении ее на измеряемую деталь. В целях уменьшения веса, скобы для измерения больших размеров (до 2000 мм)

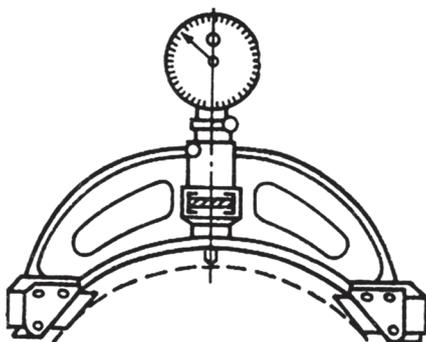


Рис. 3.11. Скоба с индикаторной головкой

изготавливаются из стальных тонкостенных или дюралюминиевых труб. Скобы оснащаются индикаторной головкой и микрометрической с диапазонными кольцами (рис. 3.11).

В тех случаях, когда диаметральные размеры можно производить с торца детали (диски, фланцы, планшайбы и др.), применяются раздвижные линейные скобы из дюралюминиевых тонкостенных труб.

Такого типа скобы применяются для размеров 1000–6000 мм.

В тех случаях, когда диаметральные размеры можно производить с торца детали (диски, фланцы, планшайбы и др.), применяются раздвижные линейные скобы из дюралюминиевых тонкостенных труб. Такого типа скобы применяются для размеров 1000–6000 мм.

Переставные диапазонные кольца делаются двух размеров: 25 и 50 мм.

Косвенно определить размер диаметра можно при помощи штангенциркуля, которым измеряется хорда  $\ell$  (рис. 3.12).

Размер диаметра определяется по зависимости:

$$D = \frac{\ell^2}{4h} + h, \text{ мм},$$

где  $\ell$  – хорда;  $h$  – высота сегмента.

Непосредственно измерить длину окружности детали большого диаметра (более 1500 мм) можно с помощью рулетки. Для измерения длины окружности ленту рулетки обертывают вокруг цилиндра (рис. 3.13), обеспечивая при этом плотное прилегание ее без провисания к измеряемой поверхности, что

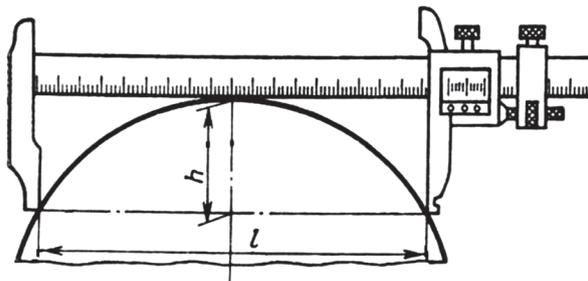


Рис. 3.12. Определение размера диаметра по высоте сегмента

достигается обычно натяжением с помощью груза до 10 кг. Натяжение должно быть постоянным.

Отсчет производят в любом месте совпадения двух ветвей рулетки. Результат измерения (L) определяется как разность отсчетов по обеим ветвям рулетки.

Диаметр измеряемого цилиндра в этом случае определяется по формуле:

$$D = \frac{L}{\pi} - 2h, \text{ мм,}$$

где L – длина окружности, измеренная рулеткой; h – толщина ленты рулетки.

Обмеры с помощью обтягивания контролируемой поверхности рулеткой имеют погрешности, зависящие от силы натяжения рулетки, от точности чтения показаний шкалы рулетки, от температурных погрешностей и др. обычно составляет  $\pm 0,25$  мм.

### 3.8. ИСПЫТАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА

#### 3.8.1. Испытания электрооборудования после ремонта

Когда электрооборудование после ремонта полностью подсоединено к машине, оно должно быть подвергнуто следующим испытаниям:

- на непрерывность цепи защиты;

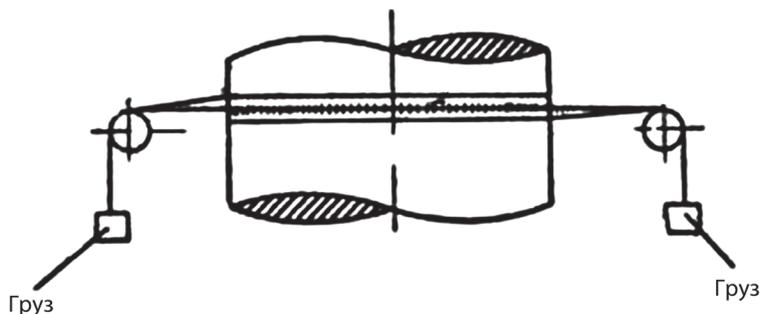


Рис. 3.13. Измерение длины окружности детали с помощью рулетки

- на сопротивление изоляции;
- напряжением;
- на защиту от остаточных напряжений;
- на электромагнитную совместимость;
- функциональные испытания.

При внесении изменений в электрооборудование, необходимо выполнить предусмотренные испытания для электрооборудования после ремонта или модернизации.

**Испытание на непрерывность цепи защиты.** Цепь защиты должна быть визуально проверена на соответствие требованиям документации. Необходимо также проконтролировать крепление соединений проводов и надежность цепи заземления.

Более того, непрерывность цепи защиты следует проверить, пропуская через нее ток, как минимум, 10 А, 50 Гц или 60 Гц, направленный от постороннего источника в течение 10 секунд. Испытания должны быть произведены между зажимом РЕ (узлом заземления) и различными точками цепи защиты. Измеренные значения напряжения между зажимом РЕ и контрольными точками не должны превышать значения, которые указаны в табл. 3.10.

**Испытание сопротивления изоляции.** Измеренное при 500 В постоянного тока между проводами силовой цепи и цепи защиты сопротивление изоляции не должно быть менее 1 Мом.

**Испытание напряжением.** Электрооборудование должно выдерживать подаваемое испытательное напряжение в течение, как минимум, 1 секунды между проводами всех цепей за исключением тех, которые предназначены для работы от постороннего источника или более низких, и цепи защиты.

Испытательное напряжение должно:

- составлять двойное значение номинального напряжения питания или 1000 В, если это значение больше;
- иметь частоту 50 Гц или 60 Гц;

Таблица 3.10

**Проверка непрерывности цепи защиты**

Минимальное полезное поперечное сечение провода защиты контролируемой части, мм <sup>2</sup>	Максимальное установленное падение напряжения, В
1.0	3.3
1.5	2.6
2.5	1.9
4.0	1.4
6.0	1.0

– подаваться от трансформатора с минимальной мощностью 500 В А.

Некалиброванные для прохождения такого испытания составные элементы должны быть отключены на это время.

**Испытание на защиту от остаточных напряжений.** Испытания должны быть проведены в соответствии с методикой, изложенной в руководстве по эксплуатации (РЭ).

**Испытание на электромагнитную совместимость.** Испытания должны проводиться в соответствии с методикой, изложенной в РЭ. Используемые уровни взаимного влияния должны выбираться в зависимости от окружающей среды, в которой будет работать машина.

**Функциональные испытания.** Функции электрооборудования, в особенности те, что относятся к безопасности и устройствам защиты, также должны быть подвергнуты испытаниям в соответствии с РЭ.

**Испытания после частичного ремонта или модернизации.** Когда часть машины и связанное с ней оборудование заменены или изменены, эта часть должна быть снова подвергнута испытаниям по полной программе.

### **3.8.2. Испытания оборудования по нормам на технологическую и геометрическую точность и жесткость**

Проверка отремонтированного станка по нормам на технологическую и геометрическую точность и жесткость и применяемые способы проверки должны соответствовать технической документации или стандартам на данный тип оборудования.

Современные металлорежущие станки по показателям точности разделяют на станки нормальной точности - Н, повышенной точности - П, высокой точности - В, особо высокой точности - А и особоточные - С.

Повышение точности станков связано с повышением требований к точности изготовления ответственных деталей этих станков. Для станков средних размеров повышенной точности направляющие станин изготавливают с допускаемыми отклонениями по прямолинейности в пределах 0,02–0,03 мм на 1000 мм; для станков высокой точности - 5–6 мкм на 1000 мм; для станков особо высокой точности - 2 мкм на 1000 мм. Отклонение от круглости шеек шпинделей для станков нормальной

точности допускается в пределах 6–8 мкм; для станков повышенной точности - 3–5 мкм; для станков высокой и особо высокой точности - 1–2 мкм.

Сборка станков должна обеспечить точность взаимного положения его сборочных единиц и нормальную работу всех механизмов. Пригонка и посадка деталей должны быть произведены тщательно, без повреждения их поверхности. Сборка неочищенных и непромытых деталей не допускается.

Плоскости крепления всех неподвижных соединений, от которых зависит точность или жесткость станка, должны быть подогнаны так, чтобы щуп толщиной 0,02–0,04 мм (в зависимости от класса точности) не заходил между сопряженными поверхностями.

Перед испытаниями станок должен быть установлен на фундаменте в соответствии с требованиями РЭ и тщательно выверен в поперечном и продольном направлении при помощи специального уровня большой чувствительности. Допускаемые отклонения не должны превышать 0,04 мм/м для станков классов точности Н и П и 0,02 мм/м для станков более высокого класса точности, если нет других указаний в РЭ. Контроль установки производят по обработанным поверхностям основных деталей станка. Так, например, выверку токарного станка производят относительно верхних направляющих станины, фрезерного станка - относительно плоскости рабочего стола, радиально-сверлильного станка - относительно плоскости плиты и т.д.

В целях проверки качества отремонтированного станка проводят приемочные испытания в следующей последовательности:

- 1) испытание на холостом ходу;
- 2) испытание под нагрузкой;
- 3) испытание на производительность;
- 4) испытание на точность и чистоту обрабатываемой поверхности.

Приемочные испытания металлорежущих станков после капитального и среднего ремонта производят силами ОТК завода.

Приемку тяжелого и уникального оборудования производят специальной комиссией под председательством главного механика предприятия.

После малого ремонта приемку оборудования производит механик цеха совместно с производственным мастером.

Оборудование после малого ремонта испытывают на холостом ходу и под нагрузкой.

Приемочные испытания оборудования после капитального и среднего ремонта производят по всем установленным в РЭ проверкам.

Результаты испытаний могут быть использованы, при необходимости, для оформления сертификата - документа, подтверждающего качество продукции.

### **3.9. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕСАРЯ-РЕМОНТНИКА**

Организация рабочего места слесаря-ремонтника обеспечивает удобство и безопасность работ, связанных с ремонтом машин и механизмов, и для окружающих рабочих мест, связанных с выпуском продукции, помогает соблюдению технологической дисциплины, повышает производительность, снижает утомляемость и обеспечивает снижение стоимости ремонта.

Рабочим местом является зона, на которой располагается верстак и все вспомогательное оборудование и приспособления, используемые при ремонте.

Различают постоянные рабочие места (в ремонтной мастерской или на обслуживаемом производственном участке) и временные - возле ремонтируемого механизма, станка, машины и т.п. Временные рабочие места разделяют на временные возле механизма, находящегося в плановом (длительном) ремонте, и кратковременные у механизма, находящегося в текущем обслуживании. В зависимости от этого при организации рабочих мест используются различные средства, приспособления и предъявляются несколько различные требования.

**Постоянное рабочее место слесаря-ремонтника** должно иметь достаточные размеры для удобного размещения оборудования, приспособлений и инструментов. Требования к постоянному рабочему месту изложены в пункте 4.8 на стр.164.

**Временное рабочее место слесаря-ремонтника** организуется у ремонтируемого механизма, станка, машины и т.п. (на рабочем месте оператора). Поэтому технологическая оснастка, которая может препятствовать ремонту или может быть повреждена, должна быть снята со станка и убрана для сохранности. Рядом со станком необходимо освободить зону для организации рабочего места слесаря, включая подходы и, при необходимости, подъезды.

Временное рабочее место оснащается передвижными (на

колесиках) верстаком, стеллажом и другими необходимыми для разборки и ремонта станка средствами. Как правило, временное рабочее место должно быть отделено от окружающей территории передвижными защитными устройствами.

По окончании ремонтных работ для проверки работы станка все приспособления, технологическая оснастка, инструменты и принадлежности оператора должны быть установлены на прежние места.

**Кратковременное рабочее место слесаря-ремонтника** организуется на период текущего обслуживания станка на рабочем месте оператора. В этом случае убираются только те приспособления, инструмент и технологическая оснастка и оргнастка оператора, которые мешают при работе слесаря. В качестве оргоснастки для работы слесаря-ремонтника используется переносный ящик с инструментом. Ящик не должен быть тяжелым и громоздким, и в нем размещается инструмент первой необходимости. Очень часто для этих целей используются ящики с откидными крышками или выдвижными полками, что позволяет более удобно разместить инструмент. Во всех случаях рабочая зона станка должна быть доступной для работы слесаря-ремонтника.

### **3.10. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

К работам по ремонту машин допускаются рабочие, владеющие знаниями по устройству и по специфике работы ремонтируемых машин, а также владеющие навыками по проведению ремонтных работ. Рабочие, впервые приступившие к ремонту машин, должны совместно с опытными рабочими освоить конструкцию и особенности работы ремонтируемых машин. Эти знания позволят более четко выполнять правила безопасности и уметь организовать выполнение ремонтных работ в соответствии с этими правилами.

Для подъема и перемещения деталей могут применяться подъемно-транспортные средства. Управлять кранами и другими подъемными и транспортными механизмами с машинным приводом, в том числе самоходными тележками, а также зацеплять и подвешивать грузы могут только специально обученные лица, успешно сдавшие экзамены по технике безопасности и имеющие соответствующее о том удостоверение.

Грузоподъемные механизмы делятся на две группы: подлежащие регистрации в органах Госгортехнадзора и не подлежащие этой регистрации.

К первой группе относятся краны всех типов, за исключением отнесенных ко второй группе, а также грузовые электрические тележки с кабиной управления, передвигающиеся по наземным рельсовым путям. Во вторую группу входят краны всех типов с ручным приводом, поворотные или передвижные консольные краны, управляемые с пола, земли или неподвижной площадки, электрические и ручные тали и лебедки, все вспомогательные грузозахватные приспособления, подвешиваемые к грузозахватному органу грузоподъемных машин и др.

Разрешение на эксплуатацию грузоподъемных устройств выдается органами Госгортехнадзора или технической администрацией предприятия (в зависимости от того, кто осуществляет надзор за этими устройствами) на основании результатов технического освидетельствования. Освидетельствование грузоподъемных устройств и их вспомогательных приспособлений, не подлежащих регистрации в органах Госгортехнадзора, производится администрацией предприятия в присутствии лица, ответственного за их обслуживание, с участием инженера по технике безопасности.

Освидетельствуются все вновь установленные грузоподъемные устройства до пуска в работу и любые другие не реже, чем через каждые 12 месяцев.

При строповке и обвязке грузов нельзя допускать порчи деталей и окраски. Зацеплять стропы надо за специально предусмотренные скобы, проушины, ушковые болты, за обвязку из стропов.

Зацеплять стропы за валики, шпиндели, ходовые винты, маховики и другие слабые детали не допускается. При обвязке грузов необходимо следить, чтобы строп не перекручивался и не имел перегибов. Под обвязку на острые кромки (выступы) груза необходимо накладывать предохранительные доски. С целью предотвращения соскальзывания с крюка подъемного механизма канаты закрепляют петлей.

Для определения положения центра тяжести сложной детали, машины или станка используют правила сложения сил и сложения моментов этих сил относительно какой-либо точки или линии.

Подвязав и зацепив груз, его поднимают, отрывая полнос-

тью от основания (пола, грунта). Если при этом груз наклонится, его опускают и укорачивают строп с наклоняющейся стороны или удлиняют с противоположной. Груз поднимают без рывков и раскачивания.

Опускают груз медленно, осторожно; как только груз коснется предназначенного ему места, слегка ослабляют стропы и, убедившись в том, что груз точно занял это место, что положение его устойчивое, отцепляют груз и снимают стропы.

## ГЛАВА 4 **РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ**

### **4.1. РЕМОНТ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Ремонт начинают с базовых деталей (станин, корпусов коробок). Восстановление базовых деталей производится точно по чертежам или по ремонтным размерам. При этом производится восстановление геометрической формы и чистоты поверхности детали без сохранения ее первоначальных размеров, которые изменились в результате удаления механической обработкой следов износа.

Применяют следующие способы обработки базовых деталей: чистовое строгание широкими резцами, чистовое фрезерование (фрезерование однозубой фрезой с глубиной резания 0,03–0,1 мм и подачей 1,0–2 мм/об, при скорости резания 180–250 м/мин. Достигаемая шероховатость поверхности  $Ra=2,5 \div 1,25$  мкм), чистовое шлифование, шабрение и доводочные операции, в том числе обработка торцом чашки алмазного круга, для обеспечения требуемой шероховатости поверхности.

#### **4.1.1. Шлифование базовых деталей**

Шлифование базовых деталей торцом чашки алмазного круга диаметром 100–175 мм со скоростью 30–40 м/с производится при наклоне оси шпинделя на 1–3° или строго перпендикулярно шлифуемой поверхности (рис. 4.1).

Во втором случае качество обработки поверхности получается значительно выше, но ухудшаются условия удаления

стружки и теплоотвода, поэтому шлифование необходимо вести на пониженных режимах – при глубине резания не более 0,01 мм.

Точность установки шпинделя перпендикулярно обрабатываемой поверхности определяют по узору на ней, образующемуся в результате пересечения штрихов.

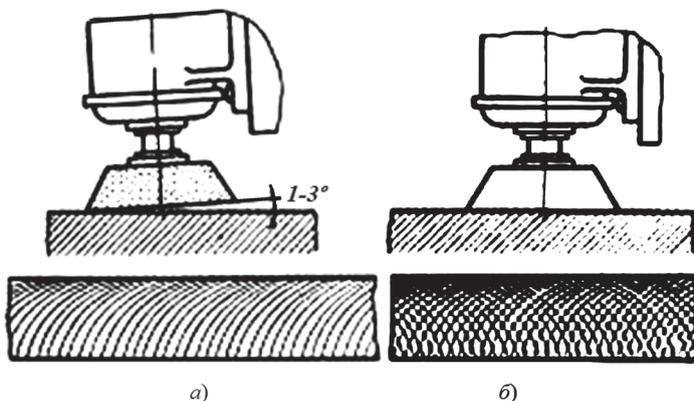
#### 4.1.2. Шабрение

Шабрение при ремонте применяют для восстановления поверхностей скольжения в тех случаях, когда нет возможности произвести обработку базовых деталей на станках (табл. 4.1).

Перед шабрением станину устанавливают на регулируемые клиновые опоры, позволяющие выверить направляющие по уровню в продольном и поперечном направлениях.

Шабрение направляющих, например токарного станка, начинают с базовых поверхностей. Базовые поверхности выбирают так, чтобы по ним можно было шабрить и контролировать все остальные направляющие, а также пригонять и устанавливать суппорт, переднюю и заднюю бабки.

Наиболее удобной базой для шабрения будут направляющие под суппорт. Направляющие станины проверяют «на краску» линейкой и специальной плитой, профиль рабочей поверхности которой соответствует профилю обрабатываемых



**Рис. 4.1. Шлифование торцом чашки алмазного круга:**

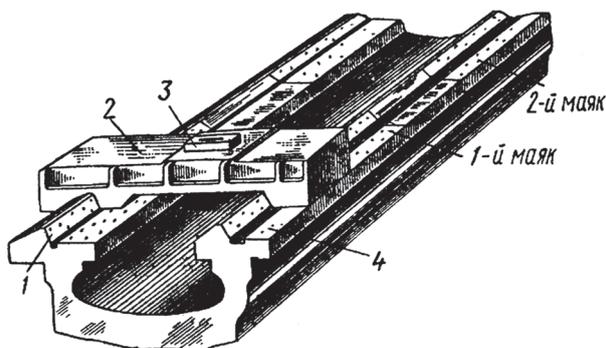
а - при наклоне оси шпинделя; б - при перпендикулярном расположении оси шпинделя

направляющих. На верху плиты находится контрольная площадка, параллельная горизонтальному участку рабочей поверхности, на которую ставят уровень (рис. 4.2).

Призматические и плоские направляющие грубо шабруют (зачищают) по линейке, причем удаляют только "штрихи", т.е. следы режущего инструмента, и после этого на зачищенные плоскости наносят маяки.

Сущность нанесения маяка состоит в том, что на обрабатываемой поверхности шабруют по плите небольшой участок (немного больше длины плиты). Шабруют до тех пор, пока плоскости направляющих не будут равномерно закрашиваться при проверке плитой. Уровень на контрольной площадке плиты не должен показывать отклонений от горизонтальности в продольном и в поперечном направлении. Такие маяки наносят на обоих концах направляющих.

Если шабрение выполняют по линейке и уровню, то на остальной части станины наносят маяки на таком расстоянии друг от друга, чтобы контрольная линейка перекрывала их. Чем ближе расположены маяки друг к другу, тем точнее будет шабрение. Средние маяки наносят так же, как и крайние, но по мере их заглубления шабрение маяков все время проверяют линейкой или мостиком с контрольной площадкой по уровню. Выполняя каждый маяк с контролем его по соседнему, выводят их все на один уровень, в результате чего они должны быть на одной прямой. Располагают и выполняют маяки аккуратно, так как в дальнейшем они яв-



**Рис. 4.2. Схема пробивки маяков на направляющей каретки:**  
1, 4 - направляющие каретки; 2 - плита для шабрения; 3 - уровень

**Области применения шабрения**

Виды шабрения	Число пятен на площади 25x25 мм	Ra, мкм	Область применения
Тонкое	Более 22	0,08	Для инструментов и направляющих точных станков
Точное	10 - 14	0,63	Для направляющих скольжения станков средних размеров и для привалочных плоскостей
Чистовое	6 - 10	1,25	Для направляющих скольжения большой ширины, для привалочных плоскостей и плотных стыков
Грубое	5 - 6	2,5	Для пригонки направляющих скольжения, работающих на малых скоростях
Обдирочное	1 - 2		Подготовка поверхности под более точное шабрение

ляются базой для шабрения участков между ними.

Участки между маяками шабруют по линейке обычным способом с той лишь разницей, что закрашенные пятна на маяках не шабруют. Участки между маяками шабруют до тех пор, пока поверхность между маяками и на маяках не будет покрыта равномерно распределенными пятнами, но в меньшем количестве, чем требуется на окончательно шабренной поверхности.

После шабрения участков между маяками проверяют всю направляющую на прямолинейность, выправляют неточности и приступают к отделочному шабрению. Окончательное шабрение выполняют по блеску по плите или суппорту и контролируют всю поверхность по линейке и уровню.

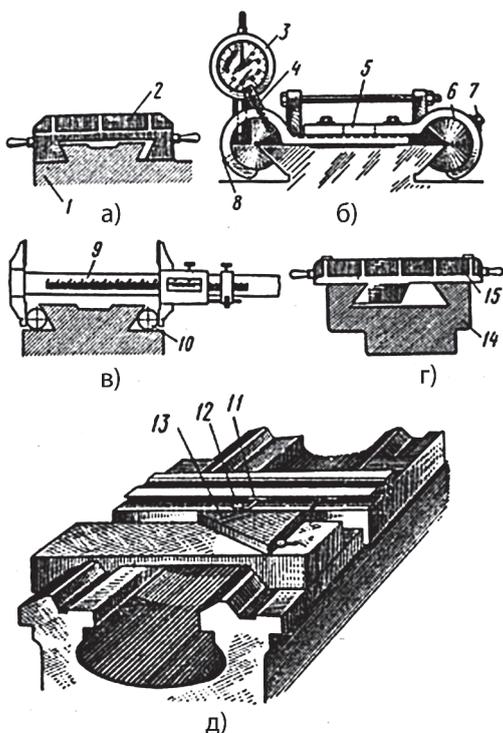
Шабрение нижней части суппорта начинают с пригонки нижних направляющих поверхностей скольжения, сопрягающихся с направляющими станины. Так как длина этих поверхностей небольшая, их шабруют по линейке и станине или по специальной плите, имеющей профиль рабочей поверхности станины (макет станины). Нижние поверхности скольжения нижней части суппорта окончательно шабруют по направляющим станины.

Когда шабрение нижних направляющих нижней части суп-

порта окончено, начинают шабрить поперечные направляющие, выполненные в виде «ласточкина хвоста», предназначенные для перемещения поперечных салазок.

Для этого сначала грубо шабруют все сопрягаемые поверхности по угловой линейке, чтобы удалить следы режущего инструмента, а затем нижнюю часть 1 суппорта укладывают на станину (рис. 4.3, а) и шабруют поперечные направляющие, сопрягаемые с салазками (на рисунке показаны жирными линиями) с проверкой по контрольной плите 2.

Достигнув равномерного расположения пятен, шабруют вторую наклонную плоскость в виде «ласточкина хвоста». Шаб-



**Рис. 4.3. Шабрение и проверка прямолинейности нижних направляющих суппорта:**

а, г - шабрение и проверка специальной плитой, проверка направляющих;  
б - ползушкой с индикатором; в - контрольными валиками; д - ползушкой с индикатором и контрольным угольником

рение поверхности в виде «ласточкина хвоста» периодически проверяют ползушкой, несущей индикатор 3 (рис. 4.3, б), соединенный с пружиной 4, или двум контрольным валиками 10 и штангенциркулем 9 (рис. 4.3, в). В ползушке 5 установлены цилиндры 6, закрепленные винтами 7 и штифтом 8.

Перпендикулярность поверхности в виде «ласточкина хвоста» направляющим станины проверяют ползушкой с индикатором и контрольным угольником. Ползушку, имеющую профиль двугранного угла в виде «ласточкина хвоста», плотно прижимают к проверяемой плоскости, а укрепленный на ней индикатор упирают наконечником в полку контрольного угольника (рис. 4.3, д). Угольник 13 устанавливают на специальной подставке или на плите задней бабки, а одну из его полок располагают параллельно направляющим станины. При перемещении ползушки 11 по всей длине наклонной направляющей в виде «ласточкина хвоста» индикатор 12 будет скользить наконечником по полке угольника и показывать отклонение этой поверхности от перпендикулярности. Если результаты проверки удовлетворительные, то после этого выполняют окончательное шабрение.

Поверхность скольжения поперечных салазок 14 предварительно шабруют с проверкой по плоской поверочной плите, затем с проверкой по специальной плите 15 шабруют наклонную плоскость направляющих (рис. 4.3, г).

Окончательное шабрение выполняют по направляющим поперечного суппорта. Когда пригонка трех поверхностей (двух плоских и одной наклонной) поперечных направляющих суппорта окончена, пришабривают клин. Для этого окрашивают поверхность, соприкасающиеся с клином, и, надев на них поперечные салазки, легкими ударами молотка вводят клин. Переместив несколько раз поперечные салазки взад и вперед вместе с клином, его вынимают. По следам оставшейся краски на клине выполняют шабрение. После окончательного шабрения клин обрезают по длине и делают вырез под регулировочный винт.

### **4.1.3. Проверка направляющих станины**

Для проверки прямолинейности, параллельности и спиральной изогнутости направляющих станины используют различные универсальные приспособления. Одно из таких приспособ-

соблений - мостик - показано на рис. 4.4. Универсальный мостик имеет основание 1 Т-образной формы с четырьмя опорами 5 и еще одной опорой 3. Две из опор 5 можно перемещать в вертикальном направлении по нарезным колонкам 7 и закреплять гайками 6, две другие - передвигать в горизонтальном направлении по продольным пазам и закреплять в требуемом положении гайками 4.

Опоры 5 можно также раздвигать в зависимости от ширины направляющих и расстояния между ними. Опора 3 допускает вертикальное и горизонтальное перемещение. На колодке 8, которую крепят к основанию 1 винтом (на рисунке не видны), устанавливается уровень 9, прикрепляемый к колодке винтами 10. Цена деления основной ампулы уровня 0,02 или 0,05 на 1000 мм. В специальных устройствах 11 устанавливают два индикатора 2.

Положение индикаторов можно регулировать, а закреплять их в любом месте основания.

Перемеща приспособление вдоль направляющих, определяют по индикатору 2 параллельность направляющей базовой плоскости. По уровню, расположенному поперек направляющих, устанавливают их спиральную изогнутость, т.е. отклонение от параллельности в горизонтальной плоскости.

После обработки базовых поверхностей проверяют точность

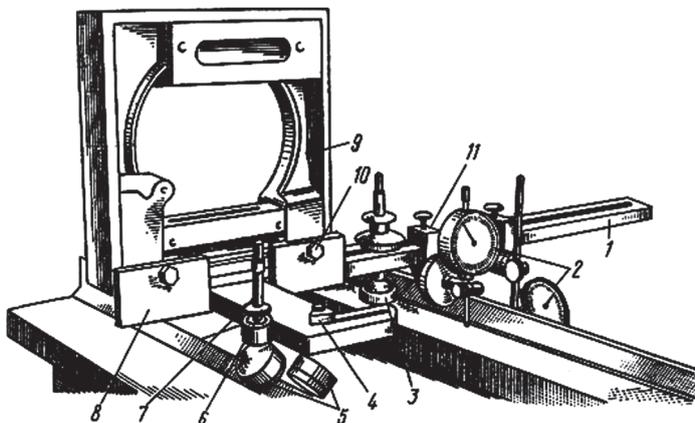


Рис. 4.4. Проверка направляющих станины универсальным приспособлением - мостиком

их геометрических параметров (прямолинейность и плоскосьность) на соответствие требованиям технической документации.

Затем таким же способом производят ремонт деталей, которые перемещаются по восстановленным поверхностям базовых деталей (суппорты, ползуны, каретки и т.п.).

При необходимости для восстановления высоты расположения базовых поверхностей на перемещаемой детали вводят компенсаторы типа накладок, планок, лент и т.п. между сопрягаемыми поверхностями скольжения базовой и перемещаемой деталей.

#### 4.1.4. Регулировка зазоров в направляющих

Профили направляющих, применяемые для перемещения столов, салазок и др. могут быть призматическими, в виде «ласточкина хвоста», прямоугольными, плоскими, V-образными и др.

Вследствие износа сопряженных поверхностей необходимо периодически регулировать зазоры в направляющих. Для этой цели предусмотрены клинья и прижимные планки. Регулиров-

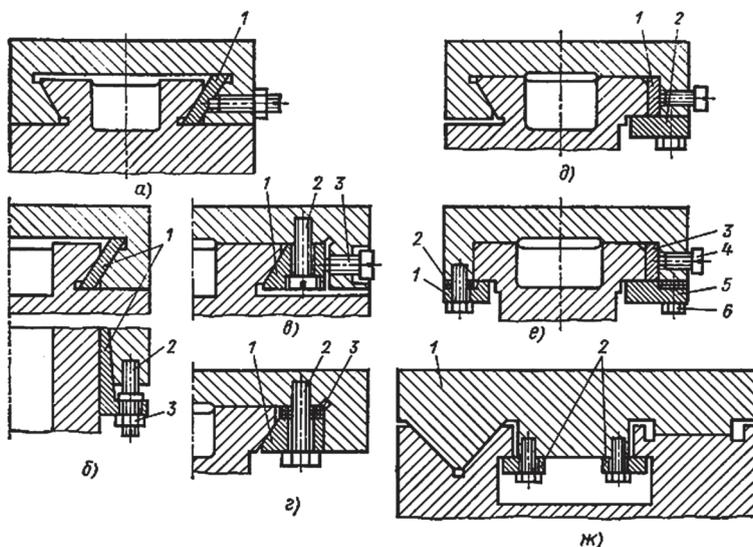


Рис. 4.5. Регулировка зазоров в направляющих

ку зазора в направляющих типа «ласточкин хвост» можно проводить с помощью планки 1 (рис. 4.5, а) или клина 1 (рис. 4.5, б), который перемещают винтом 2. Гайка 3 служит для надежной фиксации клина. Для регулировки зазора в направляющих типа «ласточкин хвост» могут быть использованы трапецеидальные планки 1, которые поджимаются к направляющим винтам 3 и фиксируются винтами 2 (рис. 4.5, в) или винт 2 (рис. 4.5, г) является прижимным и фиксирующим. Иногда под планку помещают регулировочные тонкие прокладки 3.

В случае комбинированных направляющих в форме половин «ласточкина хвоста» (рис. 4.5, д) зазор в сопряжении устраняют прижимными планками 1 и 2, при этом вместо планки 1 можно использовать клин. Зазоры в направляющих прямоугольного профиля (рис. 4.5, е) регулируются прижимными планками 1, 3 и 5. Чтобы избежать последующего шабрения, под планки 1 и 5 помещают слоистые прокладки 2, которые по мере изнашивания направляющих убирают и поджимают планки винтами 6. Для устранения зазора в вертикальных плоскостях периодически поджимают боковую планку к направляющей винтами 4. Вместо планки 3 может быть использован клин.

При сочетании V-образной и плоской направляющих (рис. 4.5, ж) регулировка зазора в направляющих не требуется, так как зазор выбирается опусканием стола 1 по мере износа направляющих. Для предотвращения возможности подъема стола от действующих на него сил резания используют прижимные планки 2, которые при движении стола скользят по дополнительным направляющим станины. Зазоры в направляющих контролируют щупом. Качество регулировки зазоров в направляющих проверяют передвижением узлов станка вручную или при малой подаче, контролируя нагрузку двигателя подачи.

Взаимно вновь подогнанные базовые детали, имеющие разъем, предварительно скрепляют крепежными деталями или струбцинами в рабочем положении. После этого сверлят и развертывают отверстия под штифты.

Использовать старые отверстия под штифты не рекомендуется, поскольку незначительное несовпадение старых отверстий под штифты может привести к относительному смещению соединяемых поверхностей. Отверстия под штифты располагают возможно дальше друг от друга, чем повышается точность взаимного положения соединяемых деталей. Применяют, как правило, конические штифты.

## **4.2. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ**

Последовательность ремонта подшипников скольжения зависит от конструкции подшипников, а также всей собираемой сборочной единицы. Подшипники скольжения могут быть цельными и разъемными. В первом случае подшипник представляет собой втулку, изготовленную из антифрикционного материала, запрессовываемую в корпус. Во втором случае подшипник состоит из двух частей - вкладышей с диаметральным разъемом.

Процесс установки втулки в корпусе включает ее запрессовку, закрепление от проворачивания и подгонку отверстия.

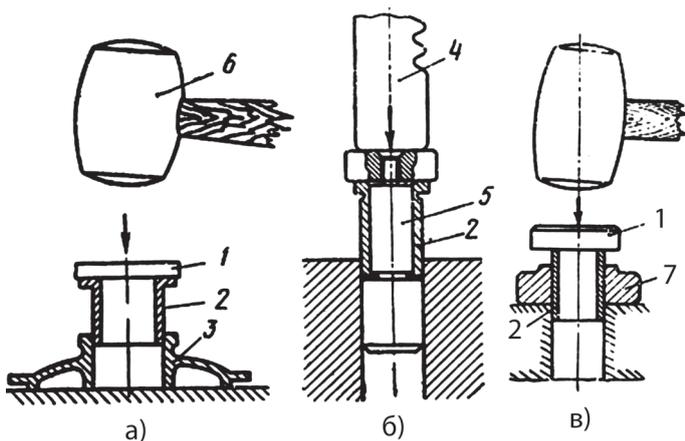
Запрессовку в зависимости от размеров втулки и натяга в сопряжении производят при обычной температуре, с нагревом или же с охлаждением самой втулки.

Широкое распространение имеют подшипники скольжения из пластических масс, в частности из полиамидов (поликапролактама, нейлона, капролона и др.). Цельные пластмассовые втулки запрессовывают обычными методами. Зазоры в сопряжениях с валом здесь несколько больше, чем при металлических втулках. Например, для втулки из поликапролактама с порошкообразным наполнителем при диаметре отверстия 40 мм зазор не должен быть менее 0,12 мм, так как размеры втулки при работе изменяются и при меньшем зазоре происходит заклинивание вала.

### **4.2.1. Запрессовка втулки в корпус**

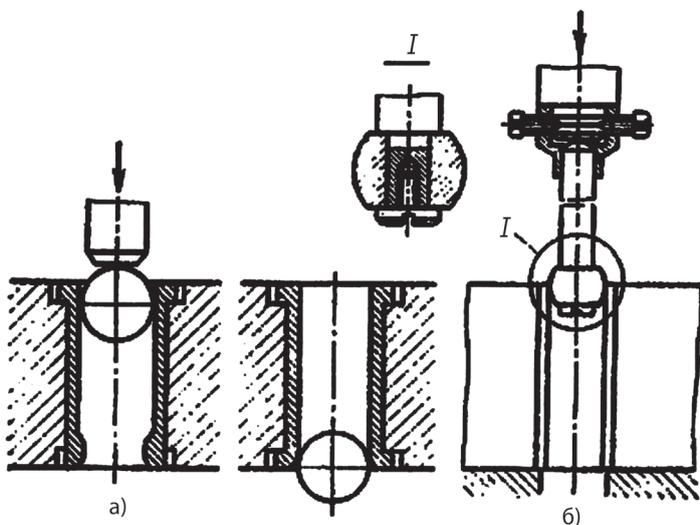
Простейший способ запрессовки втулки в корпус - при помощи обычной универсальной выколотки и молотка. Этот способ, широко распространенный при ремонте, в индивидуальном и мелкосерийном производстве, дает удовлетворительные результаты лишь при малых натягах в сопряжении, относительно большой толщине стенок втулки и при тщательном выполнении операции (рис. 4.6).

Направление движения втулки при запрессовке зависит от наличия заходной фаски под углом 30° снаружи на торце втулки, правильной первоначальной установки втулки относительно отверстия в корпусе и от направления и величины силового воздействия (предпочтительно вдоль оси втулки). Это предотвращает перекокс и деформацию втулки и задиры поверхности отверстия в корпусе.



**Рис. 4.6. Запрессовка втулок в корпус подшипника:**

а - с помощью накладки; б - с помощью ручного прессы; в - с направляющим кольцом; 1 - накладка; 2 - втулка; 3 - корпус; 4 - шток прессы; 5 - оправка; 6-молоток; 7 - направляющее кольцо



**Рис. 4.7. Калибровка подшипников-втулок после запрессовки:**

а - с отбортовкой; б - с созданием натяга

Операция запрессовки значительно упрощается применением несложных приспособлений, которые обеспечивают втулке необходимое направление. Это может быть оправка, выполненная по внутреннему диаметру втулки с буртом, накладная в виде пластины из медных или алюминиевых сплавов, которая накладывается на торец втулки противоположный запрессовываемому, и более сложные приспособления.

Необходимо учитывать, что диаметр отверстия втулки после ее запрессовки уменьшается и это находится в зависимости от натяга, создаваемого посадкой (например, Н9/х8; Н9/у8; Н9/с8). Если это не учтено при изготовлении втулки до запрессовки, то отверстие ее приходится дополнительно обрабатывать. Обычно после запрессовки втулки производят ее чистовое растачивание, развертывание или калибрование другими способами.

После окончательной обработки втулки острые кромки зачищают шабером и тщательно промывают узел.

В качестве примера приведем метод окончательной обработки отверстия втулки после ее запрессовки калиброванием шариком или пуансоном-прошивкой (рис. 4.7).

Шарик применяют при отношении длины отверстия к его диаметру менее 8, а прошивку - при более длинных отверстиях. В результате калибрования получают высокую точность и шероховатость поверхности  $Ra=0,63-0,16$  мкм.

Припуск на калибрование для отверстий диаметром 30–50 мм составляет примерно 0,12–0,15 мм для стальных втулок, 0,10–0,12 мм для чугунных и 0,09–0,12 мм для бронзовых. Калибрование может быть применено и для фиксирования втулки от осевого смещения двусторонними буртиками.

При проталкивании шарика в отверстие втулки за счет технологического припуска конец ее отбортовывается.

Калибрование выполняют на пневматическом прессе. В качестве смазывающей жидкости используют керосин для чугунных втулок, минеральное масло или смесь его с графитом – для бронзовых.

После такой обработки обычно не требуется крепления втулок от провертывания.

#### **4.2.2. Закрепление втулок**

Если втулки монтируются с посадками Н7/к6; Н7/п6, то диаметры их отверстий и форма почти не изменяются, и допол-

нительная обработка в сборе, как правило, поэтому не предусматривается. Но такие втулки после запрессовки крепят от провертывания; некоторые способы крепления втулок подшипников скольжения представлены на рис. 4.8.

Втулку можно крепить гладким стопором, удерживаемым в корпусе за счет обжатия металла (рис. 4.8, а). В этом случае отверстие в корпусе может быть просверлено заранее, а отверстие во втулке сверлят после ее запрессовки. Стопор должен входить в отверстие с натягом.

При закреплении втулки винтом (рис. 4.8, б) вначале сверлят одновременно в корпусе и втулке отверстие, в котором нарезают резьбу. Крепление осуществляют резьбовым штифтом. После ввертывания винта головка его должна быть утоплена относительно торца на 0,2–0,3 мм. Резьба под винт во избежание его самоотвинчивания должна быть тугой.

При креплении втулки коническим штифтом (рис. 4.8, в) обработка отверстия под штифт производится по отверстию в корпусе. Штифт запрессовывают легкими ударами молотка, чтобы не деформировать втулку.

### 4.2.3. Проверка подшипников

После запрессовки и обработки подшипников необходимо произвести проверку овальности и конусообразности отверстий в двух взаимно перпендикулярных направлениях в двух-трех поясах с помощью индикаторного нутромера (рис. 4.9, а), а также соосность с помощью калибра 1 (рис. 4.9, б).

Если отверстия несоосны, между торцевой поверхностью

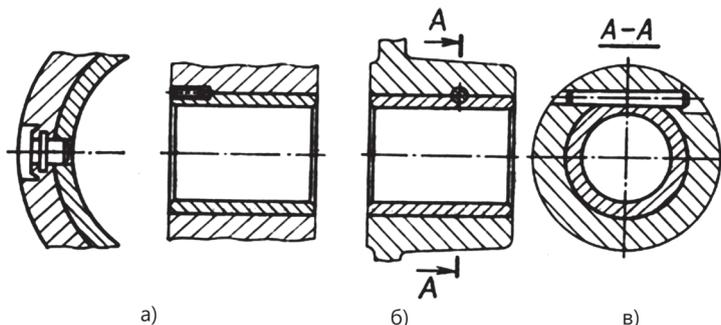


Рис. 4.8. Способы крепления подшипников-втулок

узла и одним краем буртика 2 калибра будет зазор, величина которого определяется щупом 3 или же закрашиванием нижней части буртика калибра.

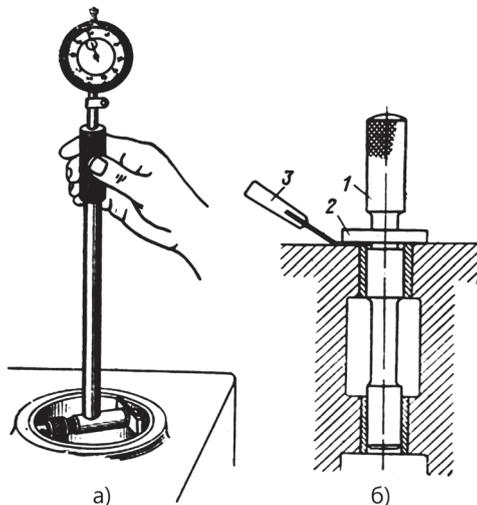
#### 4.2.4. Разъемные подшипники

Процесс сборки корпусов с разъемными подшипниками скольжения в значительной мере определяется их конструкцией.

Разъемные подшипники могут быть толстостенные и тонкостенные. Однако, пользуясь таким условным делением, следует иметь в виду, что главным критерием отнесения подшипника к тому или иному типу является не абсолютное значение толщины его стенки, а отношение к толщине стенки (без заливки) к наружному диаметру. Для толстостенных подшипников  $k=0,065-0,095$ , а для тонкостенных  $k=0,025-0,045$ .

Комплект разъемных подшипников состоит из двух деталей-вкладышей. Во многих конструкциях нарушение этой комплектации не допускается.

Вкладыши толстостенных подшипников изготавливают из малоуглеродистой стали, чугуна или бронзы и заливают баббитом или другим антифрикционным сплавом.



**Рис. 4.9. Проверка отверстий подшипника:**

а - проверка овальности индикаторным нутромером; б - проверка соосности отверстия калибром; 1 - калибр; 2 - буртик; 3 - щуп

Вкладыши устанавливают в корпус и в крышку с небольшим натягом или со скользящей посадкой. При монтаже вкладышей бронзовую или алюминиевую накладку устанавливают на обе плоскости вкладыша и по ней наносят легкие удары. Вкладыш нормально работает только тогда, когда не менее 85% его наружной поверхности равномерно прилегает к посадочной поверхности в корпусе или в крышке подшипника.

Для предотвращения перемещения вкладышей применяют установочные штифты (рис. 4.10).

Посадку штифтов в корпусе (б) осуществляют с натягом 0,04–0,07 мм. Вкладыш должен устанавливаться на штифт с зазором  $a=0,1-0,3$  мм. Кроме того, в одной из половин вкладышей отверстие под штифт в плоскости возможного вращения подшипника должно иметь несколько вытянутую форму, чтобы при перекосе плоскостей разъема вкладыш мог самоустанавливаться.

Перед установкой вкладышей в корпус и крышку все сопрягаемые поверхности должны быть просмотрены, а при наличии на них заусенцев зачищены шабером. Необходимо также проверить совпадение масляных каналов в корпусе и в крышке с отверстиями во вкладышах. Несовпадение этих отверстий на величину, превышающую 0,2 их диаметра, не допускается. Масляные каналы в корпусе перед установкой вкладышей должны быть тщательно промыты керосином при помощи шприца.

Крышки подшипников, как правило, фиксируют штифтами или калиброванными по посадке пазами. Штифты запрессовывают в корпус с натягом 0,03–0,07 мм. Посадка крышки в пазах может быть с небольшим зазором или натягом.

При ремонте разъемных подшипников необходимо учиты-

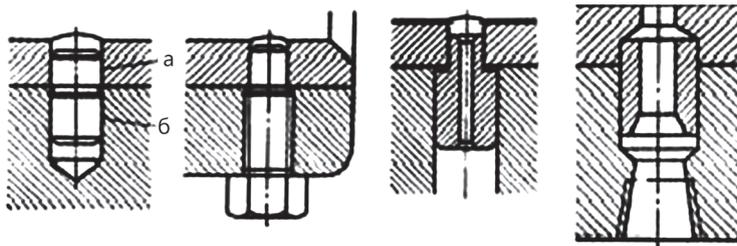


Рис. 4.10. Установочные штифты для разъемных подшипников

вать, что крышка подшипника при затяжке крепежа тоже деформируется и что под действием силы затяжки зазоры между вкладышем и крышкой уменьшаются. Эти деформации крышки могут нарушить нормальное положение вкладыша и вызвать искажение формы отверстия подшипника. Ограничить влияние этих погрешностей можно тщательным подбором деталей в пределах допустимых натягов, соблюдением последовательности и требуемой степени затяжки деталей крепления крышки, а также проверкой результатов сборки.

Предварительно укладывают между корпусом и крышкой набор регулирующих латунных или медных прокладок (рис. 4.11) толщиной до 0,05 мм. Общая толщина прокладок указывается в чертеже и обычно равна 4–5 мм. После сборки без люфта прокладки постепенно удаляют по мере приработки подшипника.

Смазку необходимо подводить к ненагруженной части поверхности подшипника, в месте наибольшего зазора. При работе в зазоре ненагруженной части подшипника возникает разрежение (0,25–0,3 атм) и смазка засасывается в подшипник.

На нагруженных частях поверхности подшипника не должно быть никаких смазочных канавок, так как при значительных нагрузках в месте контакта подшипника с валом может происходить разрыв масляной пленки.

Масляные канавки и карманы, прорезанные на вкладышах подшипников, распределяют смазку вдоль оси подшипника; смазку по рабочей поверхности подшипника распределяет шейка вала при вращении.

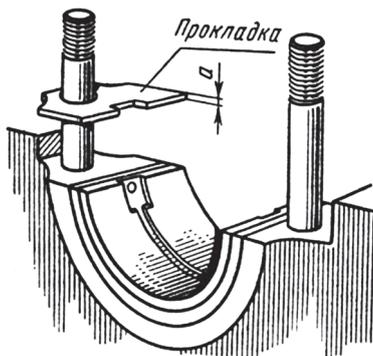


Рис. 4.11. Установка прокладок

Смазочные канавки не следует доводить до торцов втулки или вкладыша подшипника. В противном случае масло вытекает из области давления, что уменьшает несущую способность подшипника. Обычно у торцов втулки смазочные канавки соединяются кольцевыми проточками, которые препятствуют вытеканию масла. Для лучшего захвата масла валом у смазочных канавок скашивают кромки.

В отдельных случаях канавки доводят до торца втулки или вкладыша с целью увеличения циркуляции масла через нерабочую зону, т.е. для улучшения теплоотвода.

В подшипниках, которые смазывают консистентной смазкой и которые работают при низких скоростях и высоких нагрузках, а также при качательном движении вала, смазочные канавки можно располагать в нагруженной части.

Масляные канавки соединяют с маслораспределительной канавкой.

Поверхность опорных шеек под подшипники скольжения должна быть не ниже 50 HRC.

### 4.3. РЕМОНТ МЕХАНИЗМОВ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

#### 4.3.1. Демонтаж подшипников

Шариковые и роликовые подшипники необходимо демонтировать без ударов, так как от ударов они теряют точность и могут быть разрушены; чтобы не повредить подшипники при их демонтаже, применяют специальные съемники, ручные (гид-

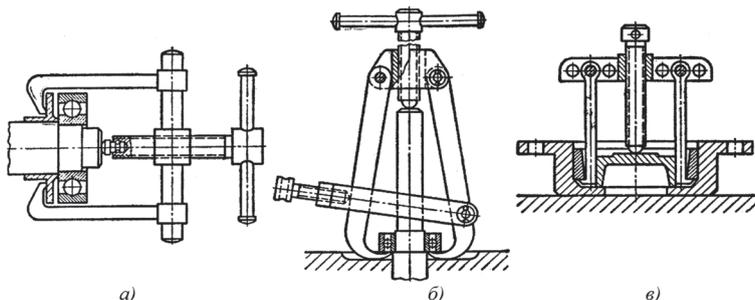


Рис. 4.12. Способы демонтажа подшипников качения:

а - в - винтовые съемники

равлические) прессы или другие устройства нажимного действия, т.е. такие приспособления, которые исключают удары (рис. 4.12).

Если подшипники смонтированы на валу по неподвижной посадке, а в корпусе - по подвижной (рис. 4.13), то при разборке узла вал вместе с подшипниками извлекают из корпуса. При демонтаже подшипника с вала нельзя прикладывать нагрузку к наружному кольцу. Скобой съемника надо захватывать непосредственно внутреннее кольцо подшипника, которое по посадке смонтировано на шейку вала.

При демонтаже не допускается захват лапами съемника за буртик внутреннего кольца сферических двухрядных подшипников, так как это ведет к неисправимым повреждениям подшипника (поломка буртика).

При демонтаже подшипника из корпуса, наоборот, скобой надо захватывать наружное кольцо.

Демонтаж подшипника весьма трудоемкая операция. При некоторых условиях попытка демонтажа внутреннего кольца подшипника с вала, когда подшипник внутри корпуса, может привести к повреждению вала или корпусной детали. Учитывая, что к моменту ремонта узла подшипник может быть с выработанным ресурсом, необходимо определить, с какой потерей придется смириться.

При этом следует учесть, что если на валу один подшипник имеет возможность свободного осевого перемещения в корпусной детали, то на него воздействует в основном радиальная нагрузка (рис. 4.14, а) и, как правило, такой подшипник имеет

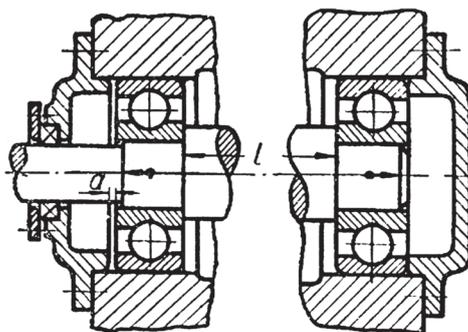


Рис. 4.13. Подшипниковая сборочная единица, извлекаемая из корпуса

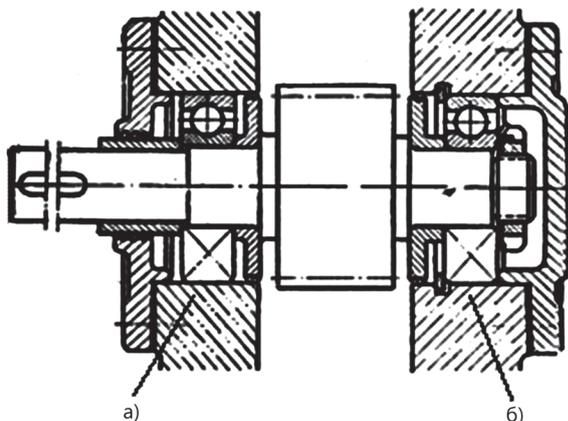
меньший износ, чем другой подшипник на том же валу, на который воздействуют радиальная и осевая нагрузки (рис. 4.14, б).

Следовательно, если возникли затруднения с демонтажом подшипников в данной конструкции, то тот подшипник, который более изношенный (рис. 4.14, б), может быть разрушен.

При демонтаже подшипников, посаженных на закрепительных втулках, отрезком трубы или специальными кольцами создается осевой упор для внутреннего кольца подшипника. После съема гайки и шайбы закрепительную втулку при помощи мягкой выколотки легкими ударами выводят из подшипника, и таким способом подшипник выпрессовывают из корпуса.

Чтобы легче снять с вала подшипник и избежать повреждения вала или подшипника при прессовой посадке, подшипник следует прогреть, поливая его в течение нескольких минут горячим минеральным маслом, нагретым до 90–100°С. Также демонтируются обычно крупногабаритные подшипники, смонтированные на валах со значительным натягом. Перед началом поливки на подшипник устанавливают съемник и винтом создают натяг, а вал защищают асбестом или картоном от попадания на него горячего масла.

Для подогрева подшипников можно применять различного рода электронагревательные установки. Демонтаж внутренних



**Рис. 4.14. Подшипниковая сборочная единица, не извлекаемая из корпуса:**

а - подшипник со свободным осевым перемещением; б - подшипник без осевого перемещения

колец цилиндрических роликоподшипников может быть произведен при помощи установки для индукционного нагрева.

Инструмент для демонтажа должен быть чистым и исправным.

#### **4.3.2. Промывка демонтированных подшипников**

Одним из основных условий, от соблюдения которых зависит срок службы подшипников, является обеспечение чистоты подшипников и сопрягаемых с ними деталей.

Новый подшипник следует вынимать из упаковки и промывать в горячем минеральном масле или бензине непосредственно перед монтажом. Закрытые подшипники типов 180000, 80000, заполненные рабочей смазкой на подшипниковых заводах, и подшипники типов 520000 и 140000, имеющие фетровые уплотнения, не промывают. Консервационную смазку наружных поверхностей удаляют чистыми салфетками.

До постановки в машину подшипник осматривают, чтобы убедиться в отсутствии коррозии и повреждений. Без защиты от коррозии подшипник должен находиться возможно меньшее время и не более 2 часов.

Промывку демонтированных подшипников производят в подогретом минеральном масле. Промывка подшипников только в бензине или в 6%-ном растворе минерального масла и в бензине не обеспечивает полного удаления старой смазки, содержащей грязь и абразивные частицы.

В практике применяют также ванны, подогреваемые паром. Ванна должна иметь решетку для предохранения подшипников от соприкосновения с нагревательным элементом или дном, нагретым сильнее, и осевшей грязью.

Для промывки подшипников применяют минеральные масла: индустриальное 12 или 20 (веретенное 2 или 3). Можно применять также трансформаторное масло. При применении последнего необходимо особо тщательно контролировать температуру масла, так как температура его вспышки 135°С. Подшипники опускают в ванну на металлических крючках на 5–20 минут. В конце нагрева подшипники несколько раз встряхивают.

После окончания промывки подшипники вынимают из ванны и в течение нескольких минут дают возможность маслу стечь. Промывку производят в одной - двух ваннах смесью бензина и минерального масла 6–8% (по объему). Минераль-

ное масло добавляют для того, чтобы избежать царапин на телах качения и дорожках колец от сухого трения при проверках на легкость вращения подшипников.

Промывать подшипники в керосине, а также в хлорированных растворителях (дихлорэтан, трихлорэтилен, четыреххлористый углерод) не рекомендуется во избежание коррозии.

Промытые подшипники для защиты от коррозии смазывают при двух-, трехкратном кратковременном погружении в расплавленные и нагретые до 50–70°С вазелин технический (смазка УН) или смазку пушечную (смазка УНЗ).

У закрытых подшипников типов 180000 и 160000 перед промывкой уплотнения демонтируют.

### **4.3.3. Монтаж подшипников**

При сборке следует обратить внимание, чтобы на деталях были предусмотрены элементы, которые обеспечивали бы более точный и облегченный монтаж и демонтаж подшипника. Вот некоторые из них:

1. На шейке вала и у расточки корпуса или стакана должны быть фаски. Поверхность опорных шеек под подшипники качения с внутренним кольцом качения и без внутреннего кольца должна быть не ниже 46 HRC.

2. Диаметр шейки вала под посадку внутреннего кольца подшипника должен быть больше, чем диаметры предыдущих участков вала, чтобы кольцо подшипника свободно проходило через них. В отдельных случаях допускают равенство номинальных диаметров посадочного места и расположенного перед ним участка вала, но при этом обработка обоих участков должна быть выполнена с различными допусками так, чтобы нагретый в минеральном масле до  $t=100^{\circ}\text{C}$  подшипник проходил свободно на посадочное место.

3. В отдельных конструкциях заплечики в валах и корпусах приходится увеличивать. Чтобы при этом обеспечить демонтаж подшипника с вала и из корпуса, необходимо предусмотреть на заплечиках и в корпусах специальные пазы под лапы съемников.

4. Если упорный бортик корпуса имеет такой размер, что наружное кольцо подшипника невозможно захватить лапами съемника (пазы делать затруднено), то с противоположной стороны следует предусмотреть отверстия, через кото-

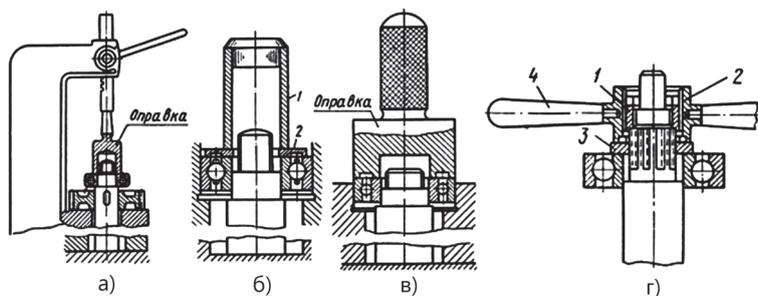
рые можно было бы вытолкнуть подшипник.

Существенную роль в обеспечении нормальной работы подшипниковых узлов имеет крепление колец подшипников на валу и в корпусе. Вращающееся кольцо подшипника не должно проворачиваться, так как это ведет к износу посадочных мест. Это достигается гарантированным натягом. Для предотвращения перемещения под действием осевого усилия кольца закрепляются на валу с помощью специальных устройств.

При наличии больших осевых усилий и высоких угловых скоростей крепление колец подшипников должно быть особенно надежным. Следует помнить, что осевое крепление колец не может обеспечить закрепление их от проворачивания, если не предусмотрена надлежащая посадка.

Перед сборкой подшипники тщательно промывают в смеси бензина и минерального масла или в обезвоженном чистом керосине. Промытые подшипники укладывают на чистую бумагу и просушивают или обдувают сжатым воздухом. Сразу после просушки их смазывают, покрывая тонким слоем масла все поверхности, особенно внутренние дорожки качения, шарики и ролики.

Посадка подшипников на валы, в гнезда корпусов деталей может быть выполнена вручную, с помощью ручных, гидравлических или пневматических прессов, с подогревом в горячем масле (80–90° С) или с охлаждением твердой углекислотой - сухим льдом (температура минус 75–80° С).



**Рис. 4.15. Приспособление для запрессовки подшипников:**

- а - запрессовка подшипника с помощью оправки и ручного прессы;
- б - с помощью стакана 1 и кольца 2;
- в - с помощью ручной оправки;
- г - с помощью гаечного устройства: 1 - гайка; 2 - корпус; 3 - шайба; 4 - державка

Для запрессовки шарикоподшипника на шейку вала могут быть использованы ручные приспособления - монтажные станканы и оправки (рис. 4.15, а, б, в). Применение оправок обеспечивает равномерную посадку подшипника на шейку вала, предотвращает перекося при установке и предохраняет подшипник от повреждений. Для запрессовки подшипников на валы, имеющие на конце резьбу, часто используют гаечные и винтовые устройства (рис. 4.15, г).

#### **4.3.4. Посадки подшипников на вал и в корпус**

Выбор характера посадки подшипника на вал и в корпус зависит от ряда факторов: типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, величины, направления и характера нагрузок, класса точности подшипника, нагружения неподвижного кольца.

Различают следующие виды нагружения неподвижных колец: местное циркуляционное и колебательное.

Местная нагрузка воспринимается ограниченным участком дорожки качения и передается на ограниченный участок корпуса.

Циркуляционная нагрузка воспринимается всей окружностью дорожки качения и передается на всю опорную поверхность корпуса. Это наблюдается в том случае, когда вектор нагрузки вращается.

Колебательная нагрузка распространяется на определенный участок невращающегося кольца, например, при качательном движении.

Для вращающегося кольца, передающего внешнее усилие, следует назначать неподвижные посадки, например, в редукторах внутреннее кольцо подшипника должно насаживаться на вал с натягом. Наружное кольцо подшипника, сопряженное с неподвижной частью машины, должно иметь посадку, обеспечивающую весьма малый натяг или даже небольшой зазор, дающий возможность кольцу при работе несколько проворачиваться относительно своего посадочного места, что обеспечивает более равномерный износ беговых дорожек.

Рекомендуемые посадки внутренних и наружных колец подшипников на валы и в корпуса в зависимости от видов нагружения представлены в табл. 4.2. и 4.3.

Посадка внутреннего кольца подшипника на вал или ось

осуществляется по системе отверстия, а наружного кольца в корпус - по системе вала.

В связи с этим соединение внутренних колец подшипников с валами при переходных посадках будет фактически неподвижным с гарантированным натягом. При осуществлении неподвижной посадки следует очень тщательно следить за тем, чтобы соединение имело определенный натяг: ослабление посадки ведет к проскальзыванию вала по внутреннему кольцу, температура подшипника резко повышается, и он выходит из строя. При увеличенном натяге внутреннее кольцо подшипника расширяется, радиальный зазор между внутренним и наружным кольцом уменьшается. Это может привести к заклиниванию тел качения: подшипники нагреваются и быстро разрушаются.

Особенно тщательно следует осуществлять посадки радиальных шарикоподшипников. Валы и корпуса с грубо обработанными посадочными местами не должны допускаться к монтажу.

Шероховатость обработки и геометрические формы посадочных мест в значительной степени влияют на долговечность подшипников.

Овальность, конусность и биение заплечиков должны быть в пределах допусков, установленных для поверхностей, сопрягаемых с подшипниками. Следует помнить, что от точности заплечиков валов и корпусов, а также галтелей вала зависит нормальная работа подшипников качения и всего узла. При сборке необходимо следить за тем, чтобы заплечики валов и корпусов были строго перпендикулярны к оси вала, и кольца подшипников плотно прилегали к заплечикам по всей поверхности.

Размеры заплечиков вала и корпуса должны быть такими, чтобы при действии значительной осевой нагрузки торцы заплечиков не сминались. Однако очень большие заплечики затрудняют демонтаж подшипников, так как в этом случае захватить кольцо подшипника, из-за выступающего заплечика, не представляется возможным. Нормальная высота заплечиков ориентировочно должна быть равна  $\frac{1}{2}$  толщины внутреннего кольца. Если нельзя предусмотреть заплечики нормальной высоты, то применяют специальные упорные кольца.

Радиус галтели вала должен быть всегда несколько меньше, чем радиус фаски внутреннего кольца подшипника. То же относится к наружному кольцу. При проектировании валов часто вместо галтелей делают проточки. Однако они ослабля-

## Рекомендуемые поля допусков для установки подшипников качения на вал

Условия, определяющие выбор полей допусков	Подшипники				Примеры машин и подшипниковых узлов	Рекомендуемые поля допусков в зависимости от режима работы подшипников
	режим работы		роликовые			
	шариковые	роликовые	шариковые	роликовые		
1	радиальные	цилиндрические	конические	сферические	4	5
	радиально-упорные	цилиндрические	конические	сферические		
	диапазон диаметров отверстий подшипников, мм					
2	3				4	5
1	Все диапазоны диаметров				Передние и задние колеса автомобилей (неприводные), тракторов, строительно-дорожные машины, блоки грузоподъемных машин	g6 f6 js6 h6
Местное нагружение						
Циркулярное нагружение или колебательное (вращающийся вал или случай комбинированного нагружения)						
Тяжелый и нормальный: не требуется перемещение кольца на валу $0,07C < P \leq 0,15C$	18 - 100	До 100	До 40	До 40	Коробки передач автомобилей, тракторов, строительно-дорожных машин, крупные редукторы, вентиляторы, кришоинно-шагунные механизмы, электродвигатели мощностью до 100 кВт	k6 js6 m6 p6
Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	100 - 140	100 - 140	40 - 100	40 - 100		
Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	140 - 200	140 - 200	100 - 200	100 - 140		
			200	200		
			200 - 250			

Ч II. Глава 4. Ремонт деталей и сборочных единиц

1	2	3			4	5
Циркуляционная нагрузка или колебательное (вращающийся вал)	Тяжелый с ударными нагрузками $P > 0,15C$	-	50 - 140	-	50 - 100	п6
		-	140 - 200	-	100 - 140	р6
		-	-	-	140 - 250	г6
Нагрузки исключительно осевые		Все диапазоны диаметров			Коленчатые валы двигателей, электродвигатели свыше 100 кВт, ходовые колеса мостовых кранов, ролики ролягантов, дробильные машины, дорожные машины, экскаваторы, шаровые дробилки, вибраторы, грохоты, инерционные транспортеры	г7
					Все подшипниковые узлы	д6

**Примечание:** Р - эквивалентная нагрузка; С - динамическая грузоподъемность

Окончание табл. 4.2

Вид нагружения	Подшипники упорные		Примеры машин и подшипниковых узлов	Рекомендуемые поля допусков в зависимости от режима работы подшипников
	одинарные и двойные	со сферическими роликами		
Нагрузка исключительно осевая	диапазон диаметров отверстий подшипников, мм	До 200	Все подшипниковые узлы	j <sub>6</sub>
		Все диапазоны диаметров		
нагрузка осевая и радиальная, действующая одновременно		200 - 250		m <sub>6</sub>

**Примечание:** Р - эквивалентная нагрузка, С - динамическая грузоподъемность

ют вал, вызывая концентрацию напряжений, и поэтому ими можно заменять галтели только в том случае, если вал имеет значительный запас прочности.

В тяжело нагруженных валах максимальные напряжения сосредотачиваются на посадочных местах вала у заплечиков. В таких случаях делать выточки и даже галтели нежелательно. Рекомендуется применять плавный конусный переход и ставить специальную упорную шайбу.

#### **4.3.5. Регулировка зазоров в подшипниках**

Регулировка зазоров в подшипниках оказывает большое влияние на их долговечность и точность работы всего механизма. Различают два вида зазоров: радиальный и осевой. В процессе монтажа и эксплуатации подшипников эти зазоры изменяют свою величину.

Перед монтажом подшипник имеет так называемый начальный зазор, после установки подшипника в узле - посадочный зазор и, наконец, в процессе эксплуатации - рабочий зазор.

Рабочий зазор в радиально-упорных и упорных подшипниках должен быть таким, чтобы, с одной стороны, осуществлялось легкое вращение вала, а с другой стороны, при температурном удлинении вала не защемлялись тела качения.

Регулировку радиально-упорных и упорных подшипников часто приходится осуществлять во время их эксплуатации, чтобы компенсировать зазоры, образующиеся от износа. Осевые и радиальные зазоры в радиально-упорных и упорных подшипниках имеют определенную геометрическую зависимость.

Оптимальная осевая игра (зазор) в подшипниках регулируемого типа зависит от многих факторов: конструкции и размера подшипников, температуры узла во время работы, жесткости опор, точности посадочных мест; поэтому величина осевой игры устанавливается индивидуально для каждого узла.

Следует учитывать, что отсутствие зазора, так же как и чрезмерно большой зазор, ведет к быстрому износу подшипников. Исключение составляют узлы точных станков, которые монтируются на подшипниках с предварительным натягом.

Радиально-упорные подшипники и особенно роликовые конические лучше работают при малой осевой игре.

Если в узле обеспечена высокая точность расточки посадочных мест, расстояние между подшипниками невелико и

Т а б л и ц а 4.3

**Поля допусков для установки подшипников качения в отверстие корпуса (корпус цельный)**

Условия, определяющие выбор полей		Примеры машин и подшипниковых узлов	Рекомендуемые поля допусков в зависимости от режима работы подшипников	
вид нагружения	режим работы подшипника			
Подшипники шариковые и роликовые				
Циркуляционное нагружение наружного кольца (вращающийся корпус)	Наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	Подшипники радиальные. Тяжелый, конструкция тонкостенная $P > 0,15C$	Колеса автомобилей на конических подшипниках, ведущие барабаны гусеничных машин, колеса башенных подъемных кранов	P7
		Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	Передние колеса автомашин и тягачей на шарикоподшипниках, коленчатые валы, канатные и натяжные шкивы	N7
Колебательное нагружение (вращающийся корпус или случай комбинированного вращения)	Нормальный, нагрузка переменная $P \leq 0,15C$	Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	Ролики ленточных транспортеров, колеса мостовых подъемных кранов	M7
			Коробки передач, задние мосты автомобилей и тягачей, насосы, электродвигатели	K7
	Подшипники упорные			
Нагрузка исключительно осевая	Наружное кольцо имеет возможность перемещаться в корпус	Нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	Все типы упорных подшипников	E8
		Тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	Подшипники шариковые	H8, H9
			Подшипники роликовые конические	G7

**Примечание:** P - эквивалентная нагрузка; C - динамическая грузоподъемность.

нет опасения защемления тел качения, то следует выбирать нижние пределы осевой игры.

Если вышеуказанные условия в узле не выполняются, то пределы осевой игры выбираются по табл. 4.4, 4.5 и 4.6 с учетом теплового удлинения вала.

В зависимости от схемы установки подшипников осевая игра регулируется: прокладками между корпусом и торцом крышки; резьбовыми кольцами на валу или в корпусе; специальной шайбой, которая перемещается винтом с контргайкой.

Регулировка осевой игры радиально-упорных подшипников при помощи прокладок производится следующим образом: надевают комплект прокладок на одну из крышек, направляют ее в корпус и зажимают болты до отказа.

Вторую крышку (без прокладок) также ставят на место; несколько не дожав болты до конца, проворачивают вал. Затем сильно зажимают болты крышки, добиваясь такого положения, чтобы вал проворачивался туго (зазор полностью уничтожен).

Далее замеряют щупом зазор между фланцем крышки и корпусом. К величине найденного щупом зазора прибавляют величину необходимого осевого зазора (осевой игры). Эта сумма размеров и составляет необходимую толщину комплекта прокладок для регулирования осевой игры. Осевая игра распределяется между двумя подшипниками.

Крышку без прокладок после измерения величины осевой

Т а б л и ц а 4.4

**Примерные значения осевой игры для регулировки конических роликоподшипников**

Пределы диаметров вала, мм	Серия подшипников	Пределы осевой игры, мм
До 30	Легкая	0,02 – 0,04
	Легкая широкая	0,03 – 0,09
	Средняя и средняя широкая	0,04 – 0,10
30 - 50	Легкая	0,03 – 0,07
	Легкая широкая	0,04 – 0,10
	Средняя и средняя широкая	0,05 – 0,12
50 - 80	Легкая	0,04 – 0,07
	Легкая широкая	0,05 – 0,12
	Средняя и средняя широкая	0,06 – 0,14
80 - 120	Легкая	0,05 – 0,08
	Легкая широкая	0,06 – 0,14
	Средняя и средняя широкая	0,07 – 0,17

Т а б л и ц а 4.5

**Примерные значения осевой игры для регулировки радиально-упорных шарикоподшипников**

Пределы диаметров вала, мм	Серия подшипников	Пределы осевой игры, мм
До 30	Легкая	0,02 – 0,06
	Средняя и тяжелая	0,03 – 0,09
30 – 50	Легкая	0,03 – 0,09
	Средняя и тяжелая	0,04 – 0,10
50 – 80	Легкая	0,04 – 0,10
	Средняя и тяжелая	0,05 – 0,12
80 – 120	Легкая	0,05 – 0,12
	Средняя и тяжелая	0,06 – 0,15

Т а б л и ц а 4.6

**Примерные значения осевой игры для регулировки двойных упорных подшипников**

Пределы диаметров вала, мм	Серия двойных подшипников	Предел осевой игры, мм
До 30	Легкая	0,03 – 0,08
	Средняя и тяжелая	0,05 – 0,11
30 – 50	Легкая	0,04 – 0,10
	Средняя и тяжелая	0,06 – 0,12
50 – 80	Легкая	0,05 – 0,12
	Средняя и тяжелая	0,07 – 0,14
80 – 120	Легкая	0,06 – 0,15
	Средняя и тяжелая	0,1 – 0,18

игры следует снять, подобрать комплект прокладок и снова поставить с прокладками, зажимая болты до отказа и при этом проворачивая вал от руки.

Если вал вращается туго, то необходимо добавить еще одну тонкую прокладку, после этого следует проверить величину полученной осевой игры (при помощи индикатора или щупа).

Точность регулировки подшипников в значительной степени зависит от качества прокладок, которые должны быть изготовлены точно (штампованная калиброванная латунь или мягкая сталь).

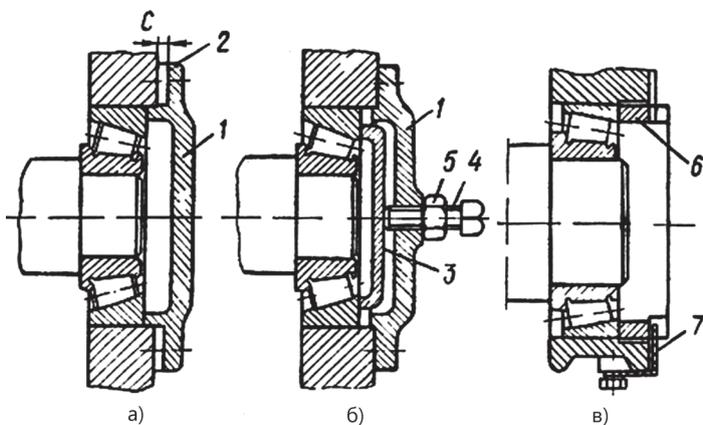
Регулировка осевой игры радиально-упорных подшипников при помощи резьбовых колец на валу производится следующим образом: внутреннее кольцо подшипника зажимают

резьбовым кольцом до полного уничтожения зазора в подшипниках. Затем резьбовое кольцо несколько отворачивают на  $\frac{1}{3}$  или  $\frac{1}{4}$  оборота, в зависимости от шага резьбы и требуемого осевого зазора, добиваясь свободного проворота вала; после этого резьбовое кольцо стопорят.

При регулировании прокладками зазора в конических роликоподшипниках сначала зажимают крышку без прокладок до тех пор, пока вал не будет провертываться очень туго. Затягивая гайки или винты, вал нужно повернуть на несколько оборотов, чтобы ролики подшипника имели возможность правильно установиться.

При зажатой до конца крышке зазора в подшипнике нет. Замеряя в этом положении в двух-трех местах зазор А (рис. 4.16, а) между крышкой 1 и корпусом и прибавляя к нему требуемое осевое перемещение вала С, определим толщину Т калиброванной прокладки 2, которую нужно подложить под крышку, т.е.  $T=A+C$ .

При регулировании зазора в подшипнике болтом 4 и гайкой 5 (рис. 4.16, б) сначала их затягивают до тугого проворачивания вала (это показывает, что зазоры выбраны правильно). Затем по величине шага Р резьбы определяют, на какой угол  $\phi$  следует повернуть винт или гайку обратно, чтобы получить тре-



**Рис. 4.16. Схемы регулирования зазора в конических роликоподшипниках:**

- а - крышкой; б - болтом 4 в промежуточную крышку 3;  
в - втулкой 6 и угольником 7

буемый зазор:  $\varphi = C / (P \cdot 360^\circ)$  (обычно это четверть оборота). После этого фиксируют положение болта 4 гайкой 5.

#### **4.3.6. Дуплексация подшипников**

К работе целого ряда подшипников предъявляются особо высокие требования (узлы точных приборов, авиационных двигателей, шпиндели точных станков и т.п.).

Вибрации валов, которые возникают при наличии даже нормальных зазоров, для этих узлов недопустимы.

Зазоры в подшипнике и упругие деформации его элементов под действием рабочей нагрузки вызывают осевые и радиальные вибрации вала. Уничтожение в подшипниках качения осевого и радиального зазоров (осевой и радиальной игры) и значительное повышение жесткости комплекта подшипников качения может быть обеспечено созданием предварительного натяга, т.е. приложением предварительной осевой нагрузки, в результате чего возникает начальная упругая деформация и исчезают осевые зазоры в комплекте.

Если затем к подшипнику приложить рабочую осевую нагрузку, то относительное перемещение его колец будет значительно меньше, чем до создания предварительного натяга. Следует иметь в виду, что по мере износа тел и дорожек качения в процессе эксплуатации или длительных испытаний величина предварительного натяга будет уменьшаться. Для сохранения предварительного натяга одно из колец подшипника смещают в осевом направлении устройством для компенсации износа или деформации деталей узла подшипников на величину, соответствующую значению натяга.

Предварительный натяг осуществляется различными способами. Для этого применяют дистанционные кольца (рис. 4.17) между внутренними и наружными кольцами подшипников, крышки с резьбой и специальные пружины, компенсирующие износ и деформацию деталей узла подшипников.

В понятие дуплексации подшипников входит подбор комплекта шариковых радиально-упорных подшипников, доработка посадочных поверхностей и деталей, их соединяющих, для выбора зазоров.

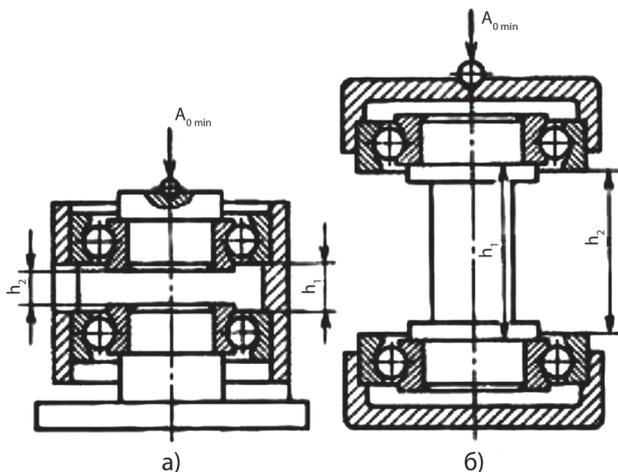
Точность сопрягаемых с подшипниками деталей должна соответствовать точности применяемых в узле подшипников. Например, цилиндричность и конусность отверстия шариковых

радиально-упорных подшипников для внутришлифовального шпинделя станка, параллельность беговой дорожки и торцов, радиальное биение и параллельность торцов подшипников - не более 0,5 мкм. Допуск точности шариков по размеру и форме - не более 0,125 мкм. Разброс угла контакта шариков с дорожками качения - не более  $1-2^\circ$  у пары подшипников.

При дуплексированной установке этой пары подшипников необходимо обеспечить точность шеек шпинделя и посадочных отверстий в корпусе под подшипники - круглость - 0,5–2 мкм, овальность - 1–3 мкм, радиальное биение относительно оси - 1–2 мкм, несоосность отверстий под подшипники в корпусе - 2 мкм на длине 400 мм, шероховатость поверхности -  $Ra=0,025-0,1$  мкм. В зависимости от радиального размера подшипников величина осевого усилия, которым обеспечивается предварительный натяг подшипников, может изменяться от 30 до 60 кг.

При монтаже дуплексированных подшипников следует придерживаться следующих рекомендаций:

– максимумы радиального биения внутренних колец подшипников и максимум радиального биения посадочной шейки вала, на которую должны быть смонтированы кольца подшипников, должны быть направлены в противоположные стороны, а максимальное торцовое биение колец подшипников



**Рис. 4.17. Дуплексация подшипников:**

а - определением размера внутреннего кольца;  
б - определением размера наружного кольца

должно быть направлено в сторону, противоположную максимальному торцовому биению заплечиков валов;

– наружные кольца подшипников следует устанавливать в посадочные отверстия корпуса так, чтобы максимумы радиального биения всех подшипников были направлены в одну сторону.

При ремонте конкретных узлов с дуплексированными подшипниками целесообразно пользоваться руководством по эксплуатации и учитывать при этом конструктивные особенности механизма.

*Игольчатые подшипники*, особенно некомплектные, собирают при помощи вспомогательных втулок, наружный диаметр которых на 0,2–0,3 мм меньше диаметра вала. После укладки всех рядов игл ("наклейки" их при помощи консистентной мази) вместо вала или внутреннего кольца вводят вспомогательную втулку, которая благодаря уменьшенному диаметру легко входит в отверстие. Затем устанавливают на свое место вал; при этом вспомогательная втулка выдвигается валом.

#### **4.3.7. Смазка подшипниковых узлов**

Смазка подшипников должна обеспечивать уменьшение трения, отвод тепла и равномерное распределение его во всех частях подшипника, уменьшение шума, предохранение от коррозии, улучшение работы уплотнений путем заполнения зазоров между вращающимися и неподвижными деталями узла.

Для смазки подшипников качения применяются жидкие масла и консистентные смазки, которые должны удовлетворять следующим требованиям: иметь химическую и физическую стабильность, не выделять твердых осадков; не содержать механических примесей; содержание в них свободной воды, кислот и щелочей должно быть в пределах допустимых норм.

Жидкие масла по сравнению с консистентными смазками более стабильны, могут применяться при более высоких угловых скоростях и при высоких и низких температурах, когда консистентные смазки теряют свои смазывающие свойства; допускают полную смену масла без разборки агрегата.

Консистентные смазки имеют следующие преимущества: не вытекают из корпусов (уплотнения могут быть более простые); хорошо заполняют зазоры между вращающимися и неподвижными деталями узлов; могут работать в подшипниковом узле

в течение продолжительного срока (6–10 месяцев).

При выборе смазки определяющими факторами являются: скорость вращения, нагрузка на подшипник, рабочая температура узла, состояние окружающей среды.

Для подшипников качения выбирают преимущественно консистентную смазку; однако ее не следует применять при высокой температуре и значительных угловых скоростях, а также при низкой температуре.

Выбор наиболее рациональной смазки для подшипников качения связан в основном с установлением оптимально необходимой вязкости масла и его стабильностью. При увеличении скорости вращения потери на трение в смазке увеличиваются, и поэтому для опор быстроходных валов следует применять смазки с меньшей вязкостью.

С увеличением нагрузки и уменьшением числа оборотов следует выбирать масла с большей вязкостью.

Подшипники качения требуют незначительного количества смазки. Так, при консистентной смазке корпус подшипника должен быть заполнен на  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  своего свободного объема. При жидком масле его уровень должен быть при числе оборотов  $n=1500$  об/мин не выше центра нижнего шарика или ролика, а при  $n>1500$  об/мин уровень должен быть еще ниже.

Избыток масла ведет к резкому повышению температуры узла. Надо следить, чтобы в подшипники добавлялись определенные порции смазки, необходимые для их нормальной работы. Частота пополнения корпусов консистентной смазкой зависит от качества смазки, конструкций уплотнения корпуса и устанавливается на основании практического наблюдения за работой конкретного механизма. При хороших условиях эксплуатации пополнять смазку можно один раз в 6–9 месяцев; пополнение корпусов жидким маслом должно производиться один-два раза в месяц.

#### **4.4. РЕМОНТ ВАЛОВ И ОСЕЙ**

Валы служат для передачи крутящего момента от одной вращающейся детали машины к другой. Обычно на них насаживают ряд деталей механизма и они работают не только на кручение, но и на изгиб.

Оси не передают вращательного движения и крутящего момента, а воспринимают только изгибающий момент. Они

поддерживают детали, закрепленные на них или вращающиеся относительно их. Оси бывают неподвижными и вращающимися. Различают также оси изогнутые и прямые.

При ремонте валов и осей чаще всего приходится устранять:

- износ шеек (нарушение цилиндрической формы) и потерю необходимой чистоты поверхности (задиры, царапины);
- изгиб или скручивание;
- нарушение крепления (поломки фиксирующих штифтов, винтов) и плотности посадки и пр.

#### **4.4.1. Восстановительные работы**

Перед началом восстановительных работ целесообразно произвести экспертную оценку причин, которые привели к необходимости ремонта вала или оси, и рассмотреть возможные пути восстановления вала или оси и возможные пути устранения причин, которые привели к необходимости ремонта вала.

Если нет возможности заменить вал или ось новым, то рассматриваются возможные методы его восстановления.

Например, для быстроходных машин максимально допустимую овальность шеек валов определяют, исходя из условий вибрации машины. Обычно конусность шеек валов не должна превышать допусков на овальность, а конусность посадочных мест должна находиться в пределах допусков на посадку.

Перед установкой деталей на станок для восстановительных работ необходимо проверить их центровые отверстия. Поврежденные центровые отверстия исправляют резцом, центровыми сверлами или карандашами для правки шлифовальных кругов. Для этого вал устанавливают на станке одним концом в универсальном четырехлапчатом патроне, другим - в люнете. Проверяют правильность установки рейсмусом или индикатором (в зависимости от требуемой точности) по поверхности неизношенных шеек вала.

Небольшие овальность (до 0,2 мм) и конусность, а также неглубокие задиры, риски и царапины на шейках вала устраняют наждачной шкуркой или пастой ГОИ при помощи деревянного хомута или притиров. При значительных отклонениях размеров (не менее 0,4 мм) шейки вала исправляют шлифованием или проточкой на токарном станке с последующей доводкой для восстановления шероховатости поверхности.

Для получения чистой и гладкой поверхности цапфы про-

тачивают за два приема (черновое и чистовое протачивание), используя хорошо заточенный резец с максимальными передним углом и углом в плане и минимальным радиусом закругления. Такой резец создает наименьшее радиальное усилие и минимальный прогиб вала. После протачивания поверхности цапфы вала полируют на токарном станке, используя пасту ГОИ или тонкий наждачный порошок.

Для исправления закаленных поверхностей цапф валов их шлифуют или обтачивают резцами из твердых сплавов.

Посадочные поверхности и шейки под подшипники до номинального размера или размера, превышающего номинальный, восстанавливают электроискровой обработкой, гальваническими способами, металлизацией или электровибрационной (виброконтантной) наплавкой. После наращивания шейки валов их протачивают или шлифуют для получения номинального размера.

Обычно принято считать допустимым при ремонте уменьшение диаметра шеек вала не более, чем на 5% при ударной нагрузке, и не более, чем на 8–10% при спокойной нагрузке. Нельзя оставлять на галтелях задиры, риски, царапины или следы резца, а также уменьшать радиус галтелей, так как это ослабляет вал и может вызвать его поломку.

Повреждения на галтелях устраняют опилением или протачиванием с последующим шлифованием. При значительном износе галтели крупных тихоходных валов заваривают, после чего вал отжигают и протачивают.

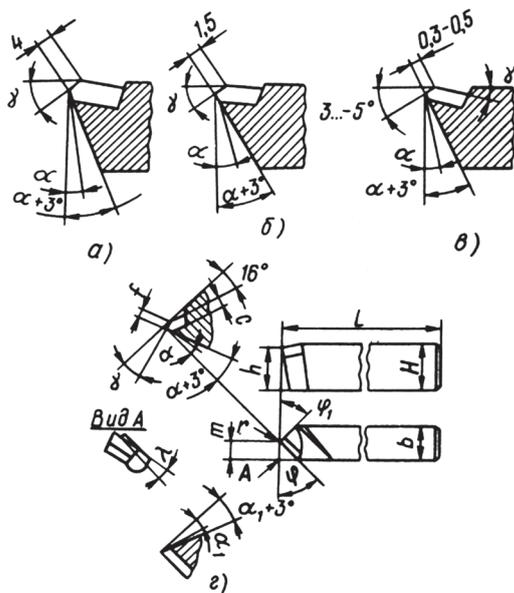
Шейки работающих при спокойной нагрузке валов, имеющие значительный износ, иногда восстанавливают электровибрационной (виброконтантной) наплавкой или электронаплавкой. В последнем случае наваривают шейки вдоль оси вала, причем каждый навариваемый шов располагают на диаметрально противоположной стороне, так как непрерывная наплавка влечет за собой изгиб вала.

Наплавленный металл неоднороден по микроструктуре, химическим и физико-механическим свойствам. Наплавленные поверхности имеют неравномерный припуск при обработке (2–4 мм); неравномерную и повышенную твердость; пленку окислов и шлаковые включения. Твердость металла после наплавки под слоем легирующего флюса может достигать  $HV=48 \div 51$  HRC. Этим в процессе обработки создаются неблагоприятные условия резания. Резко изменяющиеся силы

резания повышают вибрации резца и детали, что приводит к микровыкрашиваниям и микросколам рабочих поверхностей резца и повышенному его износу и снижает качество обработанной поверхности.

Для предварительной черновой обработки наплавленных поверхностей стальных деталей применяют резцы, оснащенные пластинками сплава Т5К10, обладающие высоким сопротивлением к ударам и вибрациям. Эти резцы (рис. 4.18, а) имеют отрицательный передний угол  $\gamma=8 \div 10^\circ$ . При отрицательных передних углах часть пластинки резца у главной режущей кромки получается более прочной, чем при положительных углах.

Большие углы в плане ( $\alpha=60 \div 75^\circ$ ) уменьшают радиальную составляющую силу резания, что облегчает условия работы вершины резца при неравномерном припуске на обработку детали. При положительном угле  $\gamma$  упрочняется вершина резца и улучшается отвод тепла (рис. 4.18, г). Для черновой обточки



**Рис. 4.18. Геометрия и форма заточки резцов с пластинками твердых сплавов:**

а - плоская отрицательная двойная; б - плоская с широкой отрицательной фаской; в - плоская с узкой отрицательной фаской; г - углы заточки резца

наплавленных поверхностей выбирают: скорость резания 60–100 м/мин, глубину резания 2–4 мм, подачу 0,3–0,8 мин<sup>-1</sup>.

Для окончательной чистовой обточки стальных наплавленных поверхностей применяют резцы с пластинками из твердого сплава Т15К6. Этот сплав более износостойчив, чем Т5К10, но и более хрупок. Резцы (рис. 4.18, б) выполняют с положительным передним углом, шириной фаски 1,5 мм; передним углом  $\gamma = -2^\circ$  для мягких сталей и  $\gamma = -5^\circ$  для твердых сталей. При чистовой обработке выбирают скорость резания 80–120 м/мин, глубину резания 0,3–0,8 мм, подачу 0,2–0,3 мин<sup>-1</sup>. При обработке основного металла скорость резания увеличивают до 200 м/мин.

При обработке деталей (например, при ремонте цилиндров) применяют тонкое точение, характеризующееся малой (0,1–0,2 мм) глубиной резания и подачей (0,03–0,2 мм/об) при больших скоростях резания (150–300 м/мин).

Большую роль при чистовой токарной обработке играют своевременная заточка на универсально-заточных станках и тщательная доводка на доводочных станках резцов мелкозернистыми кругами карбида бора.

При обработке чугунов широко применяют резцы с пластинками из твердых сплавов ВК8, ВК6 и ВК3. Резцы с пластинками сплава ВК8 применяют при прерывистом точении и переменном сечении стружки (ими же производят обдирочную обработку литых заготовок). Для чистовой обработки применяют резцы с пластинками твердого сплава ВК6, для отделочной – ВК3.

Заточка резцов отличается большим радиусным переходом  $r = 3 \pm 5$  мм между главной и вспомогательной режущими кромками и малым ( $\gamma = \pm 5^\circ$ ) передним углом. Отрицательный передний угол рекомендуется при обработке с ударами, неравномерными припусками и по корке; положительный передний угол применяют при чистовой обработке. В последнем случае делают маленькую отрицательную фаску  $f = 0,3 \pm 0,5$  мм под отрицательным углом  $\gamma$  от  $-3$  до  $-5^\circ$  (рис. 4.18, в).

Чугун обрабатывают при скоростях резания 80–180 м/мин. Для получистовой обработки чугуна и углеродистой стали применяют также резцы с минералокерамическими пластинками ЦМ–332. При получистовой обработке чугуна и углеродистой стали этими резцами рекомендуют повышать скорость резания до 300 м/мин, глубину резания 0,5–2,0 мм, подачу 0,15–0,4 мм/об.

Хрупкие минералокерамические пластинки не применяют для обработки поверхностей с прерывистым точением и с неравномерным припуском, а также редко применяют для черновой обработки.

У резцов с минералокерамическими пластинками делают отрицательный передний угол  $\gamma$  до  $10^\circ$  и главный угол в плане  $\varphi = 30 \div 45^\circ$ . Малые углы  $\varphi$  увеличивают ширину срезаемого слоя; усилия резания распределяются на более длинном участке режущей кромки. Такой резец отличается большей прочностью.

Для предварительной заточки минералокерамических резцов применяют круги зеленого карбида кремния зернистостью 46, а для окончательной - зернистостью 80. Грани резцов доводят пастой карбида кремния зернистостью 220–280 или пастой карбида бора.

Величина подачи при черновой обработке ограничивается мощностью станка, прочностью пластинки твердого сплава, жесткостью детали, инструмента и станка, а при чистовой обработке - требованиями к шероховатости поверхности и точности обрабатываемой детали. Рекомендуемые величины подач даны в табл. 4.7.

Практика показала, что скорость резания при чистовом то-

Т а б л и ц а 4.7

**Рекомендации по выбору подач при черновом продольном и поперечном точении при глубине резания до 5 мм**

Материал резца	Диаметр заготовки, мм					
	до 30	31 – 50	51 – 80	81 – 120	121 – 180	свыше 180
Подача, мм/об						
Обрабатываемый материал: сталь, чугун, бронза						
Быстрорежущая сталь и твердый сплав	0,2 – 0,5	0,4 – 0,8	0,6 – 1,2	1,0 – 1,6	1,4 – 2,0	1,8 – 2,6
Обрабатываемая поверхность наплавлена обычными электродами с меловой обмазкой						
Быстрорежущая сталь	0,2 – 0,4	0,3 – 0,7	0,5 – 0,8	0,6 – 1,2	0,7 – 1,2	0,8 – 1,5
Твердый сплав	0,2 – 0,4	0,2 – 0,4	0,3 – 0,5	0,4 – 0,7	0,4 – 0,7	0,4 – 0,8
Обрабатываемая поверхность наплавлена качественными электродами со специальной обмазкой						
Быстрорежущая сталь	0,2 – 0,4	0,2 – 0,4	0,3 – 0,5	0,4 – 0,7	0,4 – 0,7	0,4 – 0,8
Твердый сплав	0,15 – 0,3	0,15 – 0,3	0,2 – 0,4	0,3 – 0,5	0,3 – 0,6	0,4 – 0,7

Т а б л и ц а 4.8

**Рекомендации по выбору режимов резания для деталей, восстановленных электродуговой наплавкой**

Подача, мм/об	Чистовое точение				Черновое точение			
	Глубина резания, мм							
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0
	Скорость резания, м/мин							
0,15	138	123	115	110	-	-	-	-
0,2	114	104	98	94	46,0	44,0	42,5	41,5
2,3	77	71	67	65	28,5	27,5	27,0	26,5
0,4	60	55	53	51	20	19,5	19	18,5
0,5	50	46	44	42	15	14,7	14,5	14,3

чении наплавленного металла составляет примерно 20–30% от скорости резания при точении стали 45.

Выбор марки твердого сплава для чистового и для черного точения производят "по корке". При чистовом точении испытанию подвергались резцы, оснащенные пластинками твердого сплава следующих марок: ВКЗ, ВК8, Т14К8, Т15К6Т, Т30К4; при черновом точении: ВК6, ВК8, Т5К10, Т14К8, Т15К6Т. Рекомендации по режимам резания приведены в табл. 4.8.

Практика показала, что для точения металла, наплавленного электродами ОЗН–300, наиболее пригоден титановольфрамовый сплав Т15К6Т.

Лучшие результаты при чистовом точении показали резцы с углами  $\gamma = -10^\circ$ ,  $\alpha = 12^\circ$ , при черновом точении -  $\gamma = -15^\circ$ ,  $\alpha = 12^\circ$ .

При чистовом точении шероховатость обработанной поверхности металла, наплавленного электродами ОЗН–300, практически не отличается от шероховатости обработанной поверхности деталей из стали 45.

**4.4.2. Обработка поверхностей деталей со слоем металла, нанесенным металлизацией**

Детали могут быть восстановлены металлизацией с нанесением слоя металла на изношенную поверхность, который по своим свойствам может значительно отличаться от исходного металла, из которого изготовлена деталь. Хрупкость, твердость, неоднородность структуры, недостаточная прочность сцепления нанесенного слоя с основным металлом детали и другие факторы ограничивают скорость резания по сравне-

нию со скоростью резания основного металла.

Кроме того, в слое имеются поры, шлаковые включения и окислы. Такая неоднородность структуры в процессе резания вызывает интенсивный износ инструмента.

При точении слоя металла, нанесенного металлизацией, наибольший износ резца происходит по задней поверхности резца. Наиболее пригодны для точения резцы с пластинками сплава Т15К6, но могут быть рекомендованы и пластинки сплава ВК3. Оптимальная геометрия режущей части инструмента: для черного точения  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ; для чистового точения  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ .

Рекомендации по режимам резания приведены в табл. 4.9.

При твердости металлизированного слоя до 300 НВ деталь obtачивают резцами с пластинками из твердого сплава ВК6. Профиль резца рекомендуется следующий: передний угол  $\gamma$ , град...5–7°, задний угол  $\alpha$ ...10–12°, главный угол  $\phi$  в плане, 60°, вспомогательный угол  $\phi_1$  в плане, 10–15°, радиус при вершине 1,5 мм.

Несмотря на некоторую хрупкость металлизированного слоя, резец при точении изнашивается больше, чем при обработке основного металла детали. Для повышения стойкости резцов металлизированный слой пропитывают маслом.

Для металлизированных покрытий с содержанием углерода до 0,3% при черновой obtочке рекомендуется скорость резания 25–30 м/мин, глубина резания до 2 мм, подача до 0,25 мм/об.

При чистовой обработке подачу уменьшают до 0,10 мм/об. Металлизированные покрытия с содержанием углерода 0,3–0,6% обрабатывают при скорости резания 20 м/мин, подаче 0,10 мм/об.

Т а б л и ц а 4.9

**Режимы резания для точения металлизационного слоя**

Подача, мм/об	Чистовое точение			Черновое точение		
	Глубина резания, мм					
	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1,0
	Скорость резания, м/мин					
0,1	43,0	42,0	41,5	-	-	-
0,15	34,5	33,5	33,0	-	-	-
0,20	-	-	-	25,0	23,0	21,0
0,25	26,0	24,0	22,0	-	-	-
0,30	-	-	-	15,0	13,0	12,0
0,40	19,0	18,0	17,0	11,0	10,0	9,0
0,50	-	-	-	7,0	6,5	6,0

Т а б л и ц а 4.10

**Углы резцов (град) с металлокерамическими пластинками для обтачивания закаленных сталей**

Твердость стали HRC <sub>2</sub> Н/мм <sup>2</sup>	Передний угол $\gamma$	Задний угол $\alpha$	Главный угол в плане $\phi$	Вспомога- тельный угол в пла- не $\phi_1$	Угол наклона главной ре- жущей кром- ки $\lambda$
400 – 500	— 10	12 – 14	40	15	—
500 – 600	— 10	12 – 14	30	12	10 – 15
600 – 650	-15ч-20	12 – 14	25 – 20	10	—

При обработке закаленных сталей твердостью 60 HRC следует применять резцы с пластинками из металлокерамических сплавов марок BK8 и T5K10. Резцы с пластинками из сплава T15K6 используют только при чистовой обработке.

Углы резцов, применяемых при обтачивании закаленных сталей, приведены в табл. 4.10. Радиус закругления вершины резца следует делать равным 1–1,5 мм. Передний угол резцов с пластинками сплава T15K6 увеличивают иногда до  $-25^\circ$ . Рекомендуют применять резцы с двойной передней гранью, напавая пластинку под положительным передним углом  $\gamma=10^\circ$  и снимая на ней фаску шириной 1–1,5 мм под требуемым отрицательным углом.

**4.4.3. Режимы резания при обтачивании закаленных сталей**

При обтачивании закаленных сталей на стойкость резца влияют главным образом скорость резания и толщина стружки.

Режимы резания при обтачивании закаленных сталей резцами с пластинками сплавов BK8 и T5K10 указаны в табл. 4.11.

**4.5. РЕМОНТ РЕЗЬБОВЫХ, ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Резьбовые соединения являются наиболее распространенным видом разъемного соединения. Трудоемкость сборки резьбовых соединений составляет 25–40% общей трудоемкости сборочных работ. Наиболее часто применяемые резьбовые соединения: винтовые, болтовые, шпилечные.

Т а б л и ц а 4.11

**Режим резания при обтачивании закаленных сталей**

Твердость стали HRC, Н/мм <sup>2</sup>	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Твердость стали HRC, Н/мм <sup>2</sup>	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
300 – 400	До 0,8	0,32	60 – 40	500 – 600	До 0,6	0,30	28 – 18
	1,5	0,26	75 – 45		1,0	0,25	28 – 20
	2,5	0,15	100 – 75		1,5	0,30	35 – 28
400 – 500	До 0,6	0,32	38 – 24	600 – 650	До 0,5	0,30	18 – 10
	1,2	0,26	40 – 30		0,5	0,25	20 – 12
	2,0	0,15	60 – 40		1,0	0,20	24 – 14

Правильная затяжка резьбовых соединений при сборке играет существенную роль в повышении долговечности работы, создании жесткости станка. Винтовое крепление узлов к станине, особенно узлов, влияющих на точность, долговечность и жесткость станка, необходимо осуществлять с определенным и контролируемым усилием затяжки. При затяжке с моментом, создаваемым стандартным ключом, может быть достигнута необходимая осевая сила затяжки в резьбовом соединении, смазанном машинным маслом, а также при повторной затяжке. Контактная жесткость стыков повышается примерно в 2–2,5 раза при повторной затяжке болтов и винтов потому, что при первоначальной затяжке резьбовых деталей обминаются микронеровности контактирующих поверхностей, на что уходит большая часть усилия затяжки. Кроме того, часть усилия на ключе затрачивается на деформацию элементов резьбы, вызванную ее неточностью.

**4.5.1. Сборка резьбовых соединений**

В резьбовых соединениях с гайками болт обычно вставляют снизу, а затем навинчивают гайку. Гайки затягивают только тогда, когда поставлены все болты и гайки. Затягивают гайки постепенно. Сначала все гайки заворачивают до соприкосновения с шайбами или с поверхностью детали, затем слегка затягивают и только в третий раз затягивают окончательно.

Затягивают гайки не подряд одну за другой, так как при этом затяжка может оказаться неравномерной и повлечь за собой перегрузку отдельных гаек, смятие резьбы и даже обрыв болта.

Гайки, расположенные по кругу, например на фланцах, крышках цилиндров и т.д., затягивают крест-накрест также в три приема. На длинных крышках, например на крышках редукторов, гайки затягивают от середины к краям. Затягивание гаек от краев к середине приводит к искривлению крышек. Эти рекомендации относятся также к резьбовым соединениям без гаек.

Контроль усилия затяжки резьбового соединения осуществляется либо выбором соответствующей длины рукоятки ключа, либо применением предельных и динамометрических ключей. Следует учитывать, что применение ключей нестандартной длины может привести к разрыву стержня болта, срыву ниток резьбы и травмам.

Сборка болтового соединения заканчивается стопорением гаек.

Соединения посредством шпилек в станкостроении применяются редко.

При установке шпилек необходимо выполнять следующие основные правила:

- 1) шпилька должна иметь плотную посадку в корпусе;
- 2) ось шпильки должна быть перпендикулярна к поверхности детали.

Категорически запрещается подгибать шпильки, если они не попадают в отверстия детали, так как они при этом деформируются у корня и могут лопнуть во время работы. Перекос шпилек можно исправлять только нарезанием новой резьбы в отверстии. Для ввинчивания шпилек в корпус существует несколько конструкций ключей. Наибольшее распространение получили эксцентриковые ключи.

Важным условием нормальной работы резьбового соединения является отсутствие изгибающих напряжений в теле болта или шпильки. В связи с этим неплотное прилегание гайки к торцу детали недопустимо. Гайки должны наворачиваться от руки до места посадки. При большом числе гаек рекомендуется завертывать их в определенном порядке. Общий принцип затяжки - сначала затягивают гайки, находящиеся в середине детали, затем попеременно по паре с каждой стороны. Гайки целесообразно затягивать постепенно, т.е. сначала затянуть все гайки на одну треть затяжки, затем на две трети и, наконец, на полную затяжку. Гайки, расположенные по кругу, следует затягивать крест-накрест и также постепенно.

Следует особо тщательно выбирать крепежные детали для крепления фланцев и крышек, прижимающих прецизионные

подшипники шпиндельных узлов. Перекосы резьбы или торцов винтов и зенковок под головки винтов приводят к деформации фланцев и крышек и, как следствие, к перекоосу самого подшипника. Большое значение в этих случаях приобретает также равномерность затяжки.

Концы винтов и шпилек должны выступать над гайкой не более чем на 0,5 диаметра, если они могут травмировать рабочего (оператора) или обслуживающий персонал и если ухудшают внешний вид станка.

#### **4.5.2. Ремонт шпоночных соединений**

Разрушенные и изношенные шпонки не ремонтируют, а заменяют новыми.

Смятые стенки шпоночной канавки в детали и на валу при небольшой разработке распиливают или обрабатывают на станке до получения канавки правильной формы; по размерам увеличенной таким образом канавки изготавливают новую шпонку. При этом увеличение ширины шпоночной канавки не должно превышать 15% первоначального размера.

Так как износ шпоночной канавки может быть несимметричным, то при исправлении канавки установка инструмента для ее обработки на станке должна производиться не по боковым поверхностям канавки, а по поверхности основания шпоночной канавки.

При обработке шпоночной канавки до ремонтного размера в качестве такового обычно принимается ближайший больший размер шпонки по стандарту, но в отдельных случаях при незначительных износах крупных шпонок можно допустить обработку до размера, не предусмотренного стандартом.

Увеличение ширины шпоночной канавки при ремонте следует делать в обеих соединяемых деталях. Установка фасонных (ступенчатых) шпонок может допускаться лишь в исключительных случаях при текущем ремонте. При этом ступени шпонки должны располагаться строго симметрично.

Сильно разработанные шпоночные пазы не обрабатывают, а заваривают и в другом месте вала прорезают новый паз под углом 90, 135 или 180°. Если заварка старого паза является нежелательной, из-за возможности поводки вала, то допустимо оставлять его незаваренным. В таком случае в старый шпоночный паз следует запрессовать, припаять или закрепить

на винтах предварительно пригнанный к пазу стальной вкладыш. Допускается также изготовление шпоночного паза на новом месте без заделки старого паза (не более одного).

Наплавление рабочих поверхностей шпоночной канавки с последующей механической обработкой производят, когда смятие рабочих поверхностей канавки сопровождается выкрашиванием отдельных участков, так как в этом случае обработка до ремонтного размера требует значительного увеличения ширины канавки. Наплавление производят электросваркой.

Этот способ следует применять возможно реже, как не обеспечивающий восстановления детали на длительный срок и связанный с заметными деформациями вала при наплавке.

### **4.5.3. Сборка шпоночных соединений**

Сборка шпоночных соединений при ремонте является ответственной операцией. При правильной подгонке деталей призматическая шпонка боковыми поверхностями должна соединяться по посадке с боковыми поверхностями и без зазора с дном шпоночного паза вала. Призматическая шпонка должна соединяться по посадке с боковыми поверхностями и с обязательным зазором между шпонкой и дном шпоночного паза охватывающей детали. Неправильное шпоночное соединение приводит к перекосу зубчатых колес и звездочек, сопряженных с валом, и вызывает неправильное зацепление зубьев колес и ускоряет износы звездочек и цепей. При чрезмерно тугей посадке деталей на шпонку могут происходить разрывы их ступиц.

Погрешности расположения шпонки на валу, перекося оси шпоночного паза на втулке приводит к тому, что шпоночное соединение не собирается.

Пригонка шпонки для компенсации перекося и смещения оси пазов на валу и во втулке без контроля сопряжения боковых сторон пазов и шпонки может привести к резкому уменьшению площади контакта поверхностей, увеличению напряжения смятия. Увеличение бокового зазора из-за смятия шпонки приводит к нарушению посадки втулки на валу, появлению шума и стука в узле и в результате может привести к преждевременному износу или поломке узла.

Поэтому очень важно в процессе изготовления и сборки шпоночного соединения контролировать детали и сопряжение.

Шпонки и паз вала устанавливают с помощью молотка с медными наконечниками или под прессом. При установке шпонок под прессом необходимо следить за тем, чтобы не было поперечного перекоса шпонки и врезания ее кромки в тело вала.

#### **4.5.4. Ремонт шлицевых соединений**

Шлицевые соединения по сравнению со шпоночными имеют меньшие напряжения смятия на гранях шлицев и большую прочность валов. При сборке шлицевых соединений не требуется пригонки. Наибольшее распространение имеют шлицевые соединения с прямобочной формой шлицев, в некоторых случаях стали применяться шлицевые соединения с эвольвентной формой шлицев, которые обладают по сравнению с прямобочными повышенной прочностью.

Сборку шлицевых соединений следует начинать с осмотра состояния шлицев обеих деталей. Забоин, задиров или заусенцев в шлицевом соединении допускать нельзя.

В неразъемных шлицевых соединениях целесообразно перед напрессовкой охватываемую деталь нагреть до 80–120°С. После установки охватываемой детали на шлицах соединение следует проверить на биение. Легкоразъемные и подвижные шлицевые соединения, кроме проверки на биение, проверяют еще на качку. Сопряжение шлицев ответственных соединений проверяют также «на краску».

### **4.6. РЕМОНТ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**

#### **4.6.1. Ремонт цилиндрических зубчатых передач**

В станкостроении применяют цилиндрические колеса с прямыми, косыми и шевронными зубьями, с наружным и внутренним зацеплением, а также валы-шестерни.

При работе передачи в результате нагрева размеры колес увеличиваются в большей степени, чем расстояния между их осями. Поэтому независимо от степени точности сопряжения колес должна быть предусмотрена величина радиального и гарантированного бокового зазора между зубьями, необходимая для компенсации температурных деформаций и размещения смазки.

При сборке сопряжения деталей, образующих зубчатую передачу, необходимо проверить:

- радиальное биение зубчатого венца;
- площадь контакта;
- боковой зазор.

Кроме того, необходимо проверить соединение основных поверхностей зубчатого колеса с валом или втулками, а также прилегание торцов и их биение.

Перед насадкой зубчатого колеса на вал необходимо обратить внимание на состояние поверхностей отверстия и посадочной шейки вала.

При установке зубчатого колеса на вал встречаются следующие погрешности: качание зубчатого колеса на шейке вала, радиальное биение начальной окружности, торцовое биение, неплотное прилегание к упорному буртику вала.

В связи с ошибками в изготовлении зубчатых колес, валов или корпусных деталей при сборке зубчатых передач встречаются следующие погрешности:

- недостаточный боковой зазор;
- увеличенный боковой зазор;
- неравномерный боковой зазор.

В первом и во втором случаях причиной может быть увеличенная или уменьшенная толщина зубьев или увеличенное или уменьшенное расстояние между осями в корпусной детали. В третьем случае причиной может быть неравномерная толщина зубьев или радиальное биение зубчатого венца.

Исправление в каждом из трех случаев решается конкретно в зависимости от погрешности, в частности, заменой одного из колес с введением коррекции (положительного или отрицательного смещения исходного контура) при нарезании зубьев.

Ориентировочные значения гарантированного бокового зазора в зависимости от вида сопряжения зубчатых колес при разности температуры зубчатых колес и корпуса в 25°С приведены в табл. 4.12, где Н - нулевой; Е, Д - уменьшенный; В, С - нормальный; А - увеличенный.

Более точные значения для конкретных условий эксплуатации передачи должны быть приведены в технических условиях или руководстве по эксплуатации механизма.

Боковой зазор в зубчатом зацеплении можно проверить набором щупов, которые последовательно вводятся в зазор между неработающими профилями зубьев, возвратно-посту-

пательным вращением, путем прокатывания между зубьями свинцовых проволок (трех, четырех), уложенных по длине зуба, или с помощью специального приспособления, с помощью которых определяется наличие бокового зазора и его величину.

Проверка бокового зазора прокаткой свинцовых проволок является наиболее распространенной. Для этого на большее из сцепляющихся колес при помощи технического вазелина, солидола или воска приклеивают в нескольких сечениях свинцовую проволоку. Чтобы избежать разрыва, проволока должна укладываться таким образом, чтобы она огибала каждый зуб. Обычно берут проволоку диаметром, равным (0,15–0,20)мм.

Для получения оттисков плавно поворачивают колеса в том направлении, в котором они нормально вращаются в передаче. Вращение колес должно быть равномерным. Рывки или остановки колес при прокатывании проволоки вызывают искажение оттисков.

Прокатанная проволока состоит из отдельных расплюсченных участков, соединенных между собой участками проволоки, находившимися в радиальных зазорах между зубьями. При этом толщина оттисков на проволоке будет чередоваться: на рабочей стороне зуба (по направлению поворота) она будет меньше, на нерабочей - больше.

Сумма толщин оттисков на одной и той же проволоке на рабочей и нерабочей стороне зуба представляет собой боковой зазор.

Т а б л и ц а 4.12

**Гарантированные боковые зазоры**

Межосевое расстояние	Гарантированный боковой зазор $j_{п\ min}$ , мкм, для вида сопряжения					
	Н	Е	Д	С	В	А
До 80	0	30	46	74	120	190
80 – 125	0	35	54	87	140	220
125 – 180	0	40	63	100	160	250
180 – 250	0	46	72	115	185	290
250 – 315	0	52	81	130	210	320
315 – 400	0	57	89	140	230	360
400 – 500	0	63	97	155	250	400
500 – 630	0	70	110	175	280	440
630 – 800	0	80	125	200	320	500
800 – 1000	0	90	140	230	360	550

Толщины оттисков измеряют на плите при помощи индикатора. Оттиск измеряют в середине, где он имеет наименьшую величину.

По разнице в толщине оттисков на разных проволоках на одной и той же образующей зуба можно определить перекос и непараллельность осей колес.

Погрешности сборки зубчатых передач определяют по расположению пятна контакта при проверке «на краску» (рис. 4.19).

При нормальном зацеплении (рис. 4.19, а) пятно контакта (с размерами  $A$ ,  $h_{cp}$  и  $C$ ) должно располагаться на линии зацепления (т.е. посередине высоты  $H$  зуба) и равномерно по всей длине. Если боковой зазор больше нормы, то пятно контакта смещается к вершине зуба (рис. 4.19, в), а если смещается к ножке зуба, то недостаточен зазор или недостаточна толщина зуба у одного или обоих колес (рис. 4.19, г). Если в зацеплении пятно контакта смещено по ширине зуба  $B$  ближе к торцу зуба, то одно из колес установлено с перекосом (рис. 4.19, б).

Плавность хода обычно проверяют проворотом от руки собранного механизма, с помощью динамометра, динамометрического ключа или специального приспособления.

Если зазор в зацеплении зубчатых колес не соответствует требованиям технических условий или же зубчатые колеса вращаются не плавно, происходит заклинивание передачи в отдельных местах, то определяют причину неисправности. При необходимости узел разбирают, подбирают зубчатые колеса или изготавливают новые с учетом коррекции, устраняют причину неисправности, после чего вновь производят сборку и регулировку механизма.

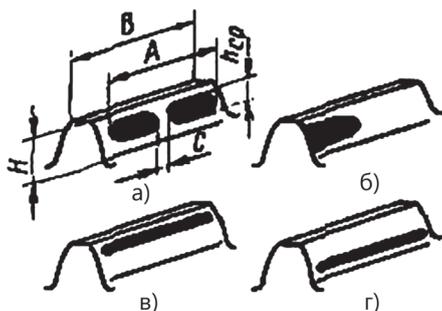


Рис. 4.19. Расположение пятен контакта при проверке «на краску»

Следует учесть, что при нарезании зубьев зубчатых колес вносится погрешность радиального биения зубчатого венца. При монтаже зубчатых колес максимумы радиальных биений зубчатых венцов в зацеплении могут совместиться, что может нарушить плавность вращения передачи, а иногда - и к заклиниванию колес. В этом случае необходимо одно из колес повернуть на  $180^\circ$  по отношению к другому, что может нормализовать боковой зазор в зацеплении.

При монтаже на вал недостаточно жесткого зубчатого колеса с большим усилием может произойти деформация зубчатого венца, что отразится на работе зацепления. Такие колеса устанавливают с весьма небольшим натягом или с даже с зазором (от  $-0,03$  до  $+0,04$  мм для валов диаметром до 100 мм).

#### **4.6.2. Ремонт конических зубчатых передач**

В станкостроении применяют конические зубчатые колеса с прямыми, косыми и криволинейными зубьями.

Пятно контакта на поверхностях зубьев является важнейшим критерием оценки качества конической передачи. При обкатке пятно контакта должно иметь длину, равную  $\frac{1}{2}$  длины зуба для прямозубых колес и  $\frac{1}{2}-\frac{1}{4}$  длины зуба для спиральных конических колес. Пятно контакта должно иметь отрыв от головки и ножки зуба, а для бочкообразных и спиральных зубьев - от носка и от пятки зуба.

Пятно контакта влияет на плавность и бесшумность работы конических колес. Более целесообразно осуществлять так монтаж колес, чтобы они касались ближе к тонким концам зубьев. При этом тонкие концы зубьев более податливы к деформации, что увеличивает площадь контакта при взаимной приработке.

При подборе пары находят наилучшее положение шестерни и создают боковой зазор за счет изменения монтажного размера колеса. Фактический монтажный размер маркируют на торцах зубьев шестерни, а фактический боковой зазор - на зубьях колеса, кроме того, на зубьях колеса маркируется порядковый номер пары.

При монтаже колес шестерню устанавливают по маркированному монтажному расстоянию, а колесо - по боковому зазору.

Регулируемые колеса устанавливают путем пригонки компенсаторов или при помощи регулировочных гаек.

Для обеспечения правильной работы конической передачи необходимо выполнение следующих условий при сборке:

- оси отверстий зубчатых колес должны совпадать с осью начальных конусов и не иметь перекосов;
- оси отверстий в корпусе должны лежать в одной плоскости, пересекаться в определенной точке, под требуемым углом.

Если при регулировке осевого положения зубчатых колес в конической передаче также необходимо произвести регулировку осевого зазора у конических подшипников опор (рис. 4.20), то сначала регулируют осевой зазор у конических подшипников, используя набор прокладок 2 между стаканами 1 и 5 и корпусом в обеих опорах. Затем, оставляя общую толщину прокладок неизменной, перераспределением их числа между обеими опорами добиваются правильного положения колеса 4 относительно шестерни 3.

Для нерегулируемых передач большое значение имеет обеспечение совпадения вершин делительных конусов обоих колес. Значение смещения вершины определяется как осевое смещение колеса при монтаже в передаче относительно его положения, соответствующего наилучшим условиям его зацепления с парным колесом.

Затем необходимо проверить боковой зазор в зацеплении конических колес. Контроль осуществляется аналогично контролю цилиндрических колес.

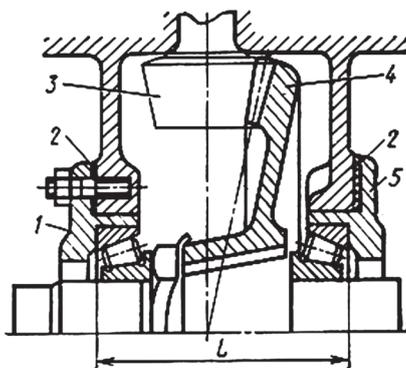
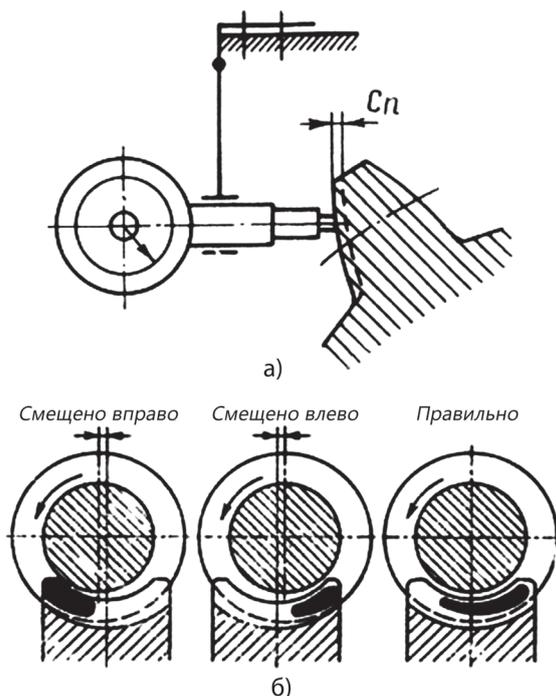


Рис. 4.20. Регулировка осевого положения колес конической передачи и подшипниковых опор

### 4.6.3. Ремонт червячных передач

Для червячных передач должен быть установлен наименьший гарантированный боковой зазор в зависимости от межосевого расстояния. Величину бокового зазора  $C_n$  можно измерить индикатором (рис. 4.21, а). Движок индикатора устанавливают перпендикулярно боковой поверхности одного из зубьев и снимают его показания при покачивании червячного колеса вдоль насколько позволяет зацепление с неподвижным червяком. Увеличить боковой зазор можно подшабровыванием нерабочей стороны зубьев колеса.

Монтаж червячных зубчатых колес на валах и проверку их осуществляют так же, как монтаж и проверку цилиндрических и конических зубчатых колес.



**Рис. 4.21. Схема проверки:**

а - величины бокового зазора; б - расположения пятен контакта «по краске»

При сборке червячной передачи необходимо обеспечить совпадение средней плоскости колеса с осью червяка в пределах допускаемых отклонений.

Положение оси червяка относительно средней плоскости червячного колеса проверяют «на краску» (рис. 4.21, б). Краску наносят на винтовую поверхность червяка, после чего вводят его в зацепление с зубчатым колесом. Последующим поворотом червяка достигается получение отпечатков на зубьях червячного колеса, по характеру которых судят о качестве зацепления.

Прилегание рабочей стороны зубьев колеса к виткам червяка должно быть равномерным с распределением касания по всей рабочей высоте вдоль зубьев колеса (рис. 4.21, б). При правильном зацеплении червяка краска должна покрывать поверхность зуба червячного колеса не менее чем на 60–70% по длине и высоте.

## 4.7. РЕМОНТ КЛИНОРЕМЕННЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

### 4.7.1. Клиноременные передачи

Клиновые ремни обладают надежным сцеплением со шкивами, так как имеют незначительное проскальзывание. Правильно установленный ремень (рис. 4.22) должен плотно прилегать к боковым поверхностям канавки шкива (в), не выдаваться за пределы обода (б) и не касаться дна канавки (а).

При многоручьевых передачах для обеспечения равномерной работы все ремни следует тщательно подбирать по длине. Колебания отклонений длин в одном комплекте не должны выходить за пределы допуска.

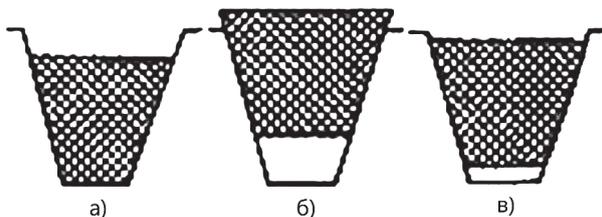


Рис. 4.22. Положение ремня в ручье шкива

Для качественной работы клиноременной передачи, кроме правильного положения ремней в канавках шкивов и одинаковой длины ремней, должно быть обеспечено возможно меньшее колебание передаточного числа отдельных ручьев передачи.

Если в передаче с несколькими ремнями передаточные числа отдельных ручьев будут различны, то ремни будут стремиться сообщить ведомому шкиву разные угловые скорости. В результате возникнет дополнительное скольжение и дополнительная нагрузка для ремней и шкивов. В практике наблюдаются случаи, когда во многоручьевой передаче у отдельных ремней ведущая и ведомая ветви меняются местами. Такой ремень работает как тормоз и дополнительно нагружает остальные ремни, снижая их долговечность.

Для обеспечения равенства передаточных чисел отдельных ручьев необходимо обеспечить контроль колебания расчетного диаметра канавок одного и того же шкива и отклонения угла канавки (допускаются в пределах  $\pm 1^\circ$ ). Контроль канавки производят измерением расстояния от наружного цилиндра до расчетного. Это измерение можно производить специальным глубиномером или индикатором при помощи ролика. Базой измерения в обоих случаях является наружный цилиндр, вследствие чего эти методы применимы при соблюдении цилиндричности этой поверхности.

Биение шкивов по наружному диаметру у станков не должно превышать 0,05 мм; биение по торцу - 0,1 мм.

Т а б л и ц а 4.13

**Допустимый дисбаланс шкивов (чугунных)**

Вес шкива, кг	Диаметр шкива, мм						
	100	200	300	400	500	700	1000
	Дисбаланс, г						
5	20	10	7	—	—	—	—
10	40	20	15	10	8	—	—
20	—	40	30	20	15	10	—
30	—	60	40	30	25	20	—
50	—	—	65	50	40	30	—
75	—	—	100	75	60	45	30
100	—	—	—	100	80	60	40
140	—	—	—	—	110	80	60
200	—	—	—	—	160	120	80

Шкивы диаметром свыше 150 мм, имеющие частоту вращения свыше 200 об/мин, должны иметь минимальный дисбаланс.

Данные о предельно допустимой неуравновешенности шкивов при окружных скоростях до 15 м/сек даны в табл. 4.13.

Допустимый дисбаланс уменьшается в 1,5 раза, если окружная скорость шкива превышает 15 м/сек.

Требования к допустимому дисбалансу должны уточняться по технической документации на станок.

Для качественной работы клиноременной передачи важно также обеспечить правильное начальное натяжение и равномерное нагружение всех ремней, так как это влияет на длительность нормальной эксплуатации ремней и механизмов.

Сильно натянутые ремни чрезмерно давят на оси и подшипники, сокращая их срок службы, а при слабо натянутых ремнях происходит усиленный износ ремней и ручьев шкивов из-за взаимного проскальзывания (пробуксовки).

Натяжение ремней рекомендуется проверять по стреле прогиба  $f$  ветви, по середине межцентрового расстояния  $A$  между шкивами, создавая нагрузку, используя для этой цели динамометр или груз (рис. 4.23). Следует учесть, что величина стрелы прогиба не зависит от межцентрового расстояния.

Оптимальные нагрузки для ремней, которые контролируются стрелой прогиба, приведены в табл. 4.14. На практике натяжение ремня устанавливается в зависимости от воспринимаемой нагрузки клиноременной передачей при условии,

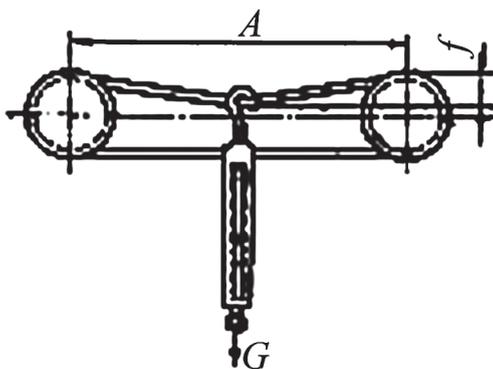


Рис. 4.23. Схема проверки натяжения ремня с помощью динамометра

Т а б л и ц а 4.14

**Регулировка натяжения ремней**

Сечения клиновидных ремней	Норма нагружения ветви, кГс	Эталон стрелы прогиба, мм	Натяжение ветви ремня согласно ТУ, кГс
О	2,5	8	7,0
А	3,5	8	12,0
Б	3,5	6	16,5
В	4,5	5	27,5

что отсутствует проскальзывание ремня.

Натяжение ремня производится перемещением одного из валов. В ременной передаче с электродвигателем натяжение ремней осуществляется перемещением электродвигателя (рис. 4.24).

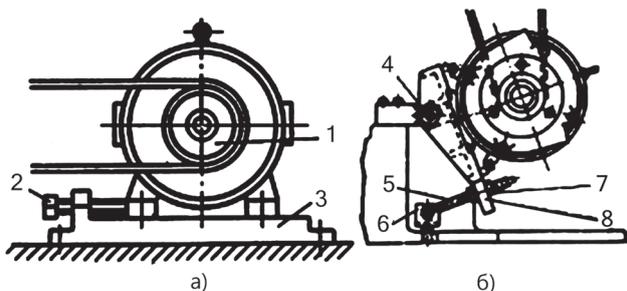
Электродвигатель 1 (рис. 4.24, а) может крепиться подвижно к салазкам 3 болтами, которые имеют возможность перемещаться по пазам в салазках. Натяжение ремня выполняется ввертыванием или вывертыванием натяжного болта 2.

Электродвигатель может крепиться неподвижно к поворотной плите 8 (рис. 4.24, б), которая имеет возможность поворачиваться на оси 4, закрепленной к станине.

Натяжение ремня выполняется навинчиванием или свинчиванием гайки 7 по винту 5, который крепится к станине осью 6.

**4.7.2. Ремонт цепных передач**

Сборка цепной передачи включает установку и закрепление звездочек на валах, надевание цепи и регулировку натя-



**Рис. 4.24. Способы натяжения ременной передачи:**  
а - салазками с электродвигателем; б - поворотной плитой с электродвигателем

жения цепи. Звездочки на валах устанавливают так же, как и зубчатые колеса. После закрепления звездочки на валу ее следует проверить на радиальное и торцовое биение.

Для правильной работы цепной передачи оси звездочек должны быть параллельны. Параллельность осей звездочек проверяют линейкой, уровнем или другими средствами. При сборке проверяют также относительное смещение зубьев звездочек в плоскости перпендикулярной к их осям.

Длину цепи выбирают в зависимости от расстояния между центрами звездочек. Необходимо предусматривать предварительное провисание ветвей цепи. У работающей цепи провисание ведомой ветви увеличивается, поэтому предварительное провисание для горизонтальных передач с углом до  $45^\circ$  стрела прогиба должна быть не менее  $f=0,02 A$ , где  $A$  – расстояние между осями звездочек; в передачах близким к вертикальным –  $f=(0,01 \div 0,015) A$ .

Концы отрезка цепи соединяют при помощи соединительных или переходных звеньев. При монтаже цепи на звездочках для ее стягивания применяют специальные стяжные приспособления.

## **4.8. РЕМОНТ МУФТ**

### **4.8.1. Упругие пальцевые муфты**

Эти муфты широко применяют для соединения валов при не вполне точной установке, в частности, для присоединения электродвигателя. Предназначаются для установки в приводах, работающих с колебаниями нагрузки. Так как практически большая часть передач в процессе эксплуатации неизбежно испытывает удары той или иной интенсивности, то упругие муфты получили весьма широкое распространение.

Упругая муфта (рис. 4.25) смягчает толчки и удары. Упругим элементом служит набор резиновых или кожаных шайб или резиновая втулка. Максимальное допустимое несопадение осей  $0,3-0,6$  мм, в зависимости от размера муфты. Максимальный угол перекоса осей  $1^\circ$ .

При рабочей нагрузке муфта не должна издавать звуков похожих на удары. Упругие элементы не должны быть деформированы и не должны выступать из корпуса муфты. При сборке муфты необходимо обращать внимание, чтобы конечес-

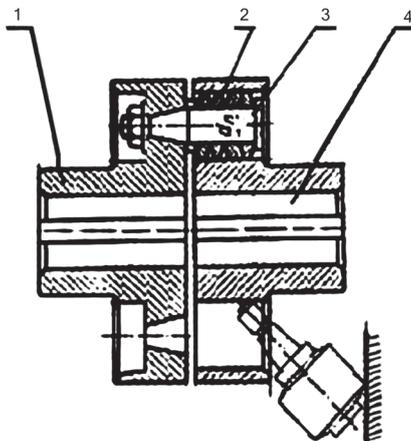
кая часть пальцев при проверке «по краске» соответствовала коническим отверстиям в корпусе муфты и чтобы пальцы надежно были закреплены в корпусе муфты.

Под действием циклических нагрузок упругие элементы теряют эластичность и стойкость и преждевременно разрушаются, что может вызвать поломку пальцев и выработку с искажением формы отверстий муфты. Поэтому рекомендуется периодически производить замену упругих элементов, не дожидаясь признаков их разрушения.

#### 4.8.2. Фрикционные муфты

Эти муфты применяют при частых включениях и выключениях исполнительных механизмов при включенном главном приводе. Они обеспечивают плавное сцепление ведомого вала с вращающимся ведущим, при перегрузках должны пробуксовывать, предохраняя механизмы от поломок.

Широкое применение находят многодисковые фрикционные муфты (рис. 4.26). Диски 3 имеют внутренние зубья и связаны с полумуфтой 1, а диски 4 своими наружными зубьями зацепляются с внутренними зубьями полумуфты 2. Крутящий момент от вала I к валу II передается за счет сил трения между дисками 3 и 4, сжатыми силой  $p$ , которая может быть полу-



**Рис. 4.25. Упругая муфта:**

1, 4 - корпус; 2 - упругие элементы; 3 - палец

чена от механического, гидравлического, пневматического или электрического устройств.

Наибольшее распространение получили муфты с металлическими дисками, работающими в масле. Замыкание дисков может производиться вручную механически от рукоятки переключения и встроенным электромагнитом.

Подвижные и неподвижные диски образуют пакет определенной толщины. В процессе работы муфты в основном изнашиваются диски. Поэтому рекомендуется их периодически заменять новыми или перешлифовывать, а недостающий размер пакета дополнять новыми или запасными перешлифованными дисками.

Фрикционные муфты в механизмах станков должны быть отрегулированы так, чтобы было обеспечено сцепление для передачи наибольшего крутящего момента, установленного в руководстве по эксплуатации.

### 4.8.3. Муфты обгона или свободного хода

Они обеспечивают сцепление ведомого вала с вращающимся ведущим в одном направлении. При изменении направления, падении частоты вращения или остановке ведущего вала сцепление между ведущим и ведомым валом прерывается. Наиболее распространены муфты обгона, работающие за счет заклинивания цилиндрических роликов (рис. 4.27). Основные требования к роликам и контактирующим с ними поверхностям - параллельность замыкаемых роликом поверхностей об-

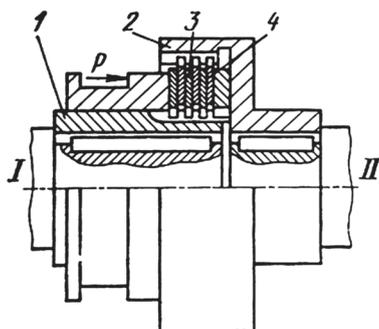


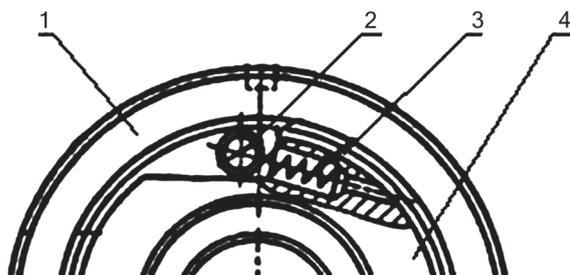
Рис. 4.26. Сцепная муфта

разующим ролика и твердость не ниже предъявляемой к твердости деталей роликоподшипников.

При работе у муфты обычно изнашиваются ролики и прямолинейные участки звездочки, по которым перемещаются ролики. С прямолинейных участков следует удалить неровности и обеспечить параллельность их оси. На место изношенных роликов необходимо установить новые ролики.

Размер роликов должен быть таким, чтобы при вынутой пружине зазор между образующей ролика и кольцом был не более 0,1 мм. Длина пружины подбирается такой, чтобы без ролика она выступала из отверстия не более 1,0 диаметра пружины. Пружина должна иметь возможность своим диаметром свободно утапливаться в отверстии без продольного изгиба. Часто вместо внутреннего диаметра наружного кольца используется внутренний диаметр звездочки, шестерни и других деталей. В этих условиях необходимо скруглить острые кромки на роликах с тем, чтобы исключить торможение роликов об ограничительные шайбы, которые удерживают ролики от выпадения.

Следует заметить, что износ муфт во многом связан с установкой концов валов сборочных единиц, которые они соединяют. Поэтому после восстановления муфты необходимо проверить установку и состояние концов валов. Необходимо проверить состояние посадочных диаметров валов, шпоночных пазов и шпонок, а также соосность и перекося их осей в горизонтальной и вертикальной плоскости. Наличие отклонений более 0,5 мм свидетельствует о том, что основание, на котором установлены соединяемые муфтой сборочные единицы, имеет деформацию, выходящую за допустимые пределы, или сборочные



**Рис. 4.27. Обгонная муфта:**

1 - кольцо; 2 - ролик; 3 - пружина; 4 - звездочка

единицы не выставлены и закреплены, или неравномерно затянут крепеж, или на основании имеются забоины и посторонние предметы, или новые сборочные единицы (после ремонта) не стыкуются по высоте и др. со старыми сборочными единицами и т.д. Обычно перед монтажом сборочных единиц их устанавливают на плите и проверяют совмещение концов валов и возможность установки муфты. Затем проверяют основание, на котором будут монтировать сборочные единицы. При этом принимают решение о наличии и величине компенсаторов и после этого производят монтаж всех компонентов.

Соединение муфтой невыставленных концов валов может привести не только к выходу из строя муфты, но и к более тяжелым последствиям - аварии, т.е. выходу из строя сборочных единиц.

#### **4.9. РЕМОНТ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА**

При ремонте кривошипно-шатунного механизма необходимо проверить соответствие деталей, поступивших на сборку, следующим требованиям технических условий (ТУ):

1. Зеркало цилиндров должно обрабатываться с высокой степенью точности, иметь правильную геометрическую форму и шероховатость поверхности не грубее  $Ra=1,25-0,32$  мкм.

2. Ось цилиндра должна быть перпендикулярна оси коленчатого вала.

3. Зазоры в сопряжениях должны быть в пределах норм, указанных в ТУ.

4. Отверстия во вкладышах шатунов и в коренных подшипниках, коренные и шатунные шейки должны иметь правильную геометрическую форму, размеры в пределах допусков и шероховатость поверхности, указанные в ТУ. Обязательно необходимо выдерживать зазоры, задаваемые в ТУ для этих сопряжений, для размещения смазки. В среднем зазоры равны  $0,001$  диаметра шейки вала.

5. В многоцилиндровых механизмах поршни должны быть одинаковыми по массе, допускается разница не более  $\pm 0,5$  %.

6. Упругость поршневых колец должна соответствовать нормам ТУ на сборку данного оборудования. Поршневые кольца должны прилегать к цилиндру без зазора по всей поверхности.

### 4.9.1. Шатун

Он служит для шарнирного соединения коленчатого вала или кривошипа с поршневой группой.

Сборка шатуна (рис. 4.28) начинается с запрессовки втулки в головку 3 шатуна.

Втулку устанавливают так, чтобы канавка 1, предназначенная для смазки пальца, находилась против отверстия 5. Это возможно при условии, если торцы втулки 2 будут запрессованы заподлицо с торцом верхней головки шатуна. Втулки при запрессовке в отверстие шатуна несколько сжимаются. Для исправления этого недостатка после запрессовки выполняют чистовое растачивание или протягивание или развертывают двумя-тремя развертками отверстие втулки.

После запрессовки втулки в головку шатуна приступают к сборке вкладышей шатуна. Начинают с проверки параллельности плоскостей разъема вкладышей 9 и 10 по высоте «на краску»: при параллельности плоскостей вкладышей пятна краски должны располагаться по всей плоскости разъема с обеих сторон и не должно быть качания на плите. Если плоскости не параллельны, их пришабривают. Допустимая величина выступающих торцов вкладышей из тела шатуна указывается в сборочных чертежах или ТУ на сборку (обычно 0,05–0,15 мм).

После запрессовки вкладышей в головку и крышку 8 шатуна их соединяют вместе болтами 4 и гайками 7. Предвари-

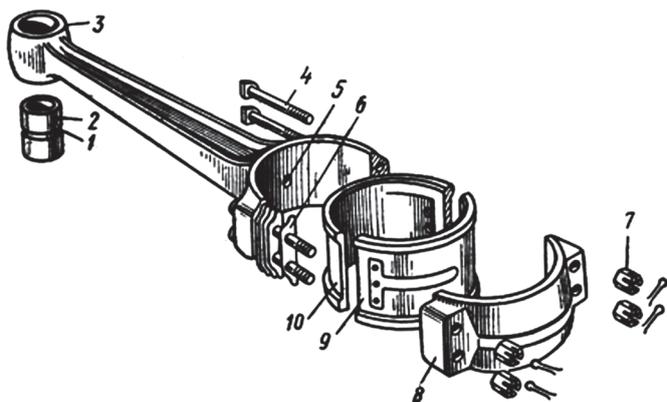


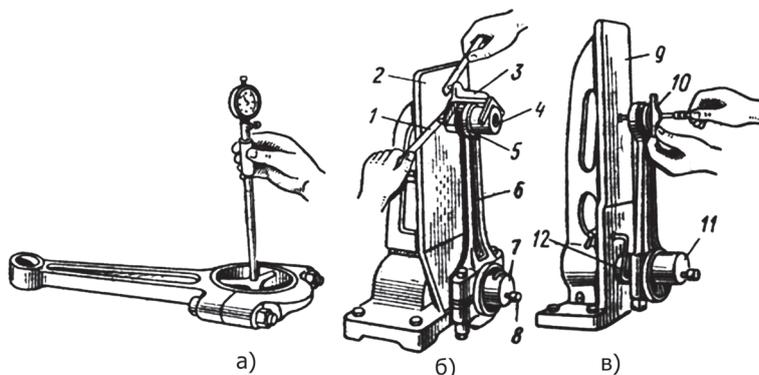
Рис. 4.28. Шатун

тельно укладывают между головкой шатуна и крышкой набор регулирующих латунных или медных прокладок 6 толщиной до 0,05 мм. Общая толщина прокладок указывается в чертеже и обычно равна 4–5 мм. После сборки проверяют отверстия шатуна индикаторным нутромером на овальность и конусообразность (рис. 4.29, а), а затем проверяют шатуны на прямолинейность (рис. 4.29, б).

На прямолинейность шатуны проверяют на специальном приборе следующим образом: шатун 6 верхней головкой 5 устанавливают на контрольный палец 4 с конусом, а нижний - на палец 7 контрольной плиты 2, и, завернув винт 8, зажимают шатун на пальце. Затем устанавливают на цилиндрические пояски контрольного пальца 4 призму (калибр) 3 и подводят его так, чтобы штифты касались плоскости плиты 2. Если шатун прямолинейен, то все три штифта призмы 3 будут касаться плиты. Если шатун согнут, то касаться плиты будет либо один верхний штифт, либо два нижних, либо будут касаться плиты верхний и один из нижних штифтов.

Величину скрученности и погнутости шатуна определяют щупом 1 по величине зазора между плитой и штифтами. Зазор не должен превышать 0,05 мм.

Если шатун имеет двойной изгиб, который указанным выше способом обнаружить нельзя, то его проверяют следующим образом: зажимают шатун (рис. 4.29, в) на пальце 11 контрольной плиты 9, выдвигают ограничитель 12 до упора в то-



**Рис. 4.29. Проверка собранного шатуна:**

а - конусообразности и овальности индикаторным нутромером;  
б - прямолинейности; в - на двойной изгиб

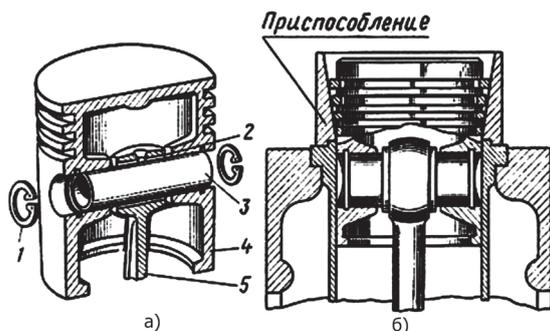
рец нижней головки шатуна и закрепляют эту головку винтом. Затем, замерив глубиномером 10 расстояние от торца верхней головки до плоскости плиты, снимают шатун с прибора и поворачивают на 180°, подводят до упора в ограничитель торцом с другой стороны нижней головки и делают второй замер (так же, как первый).

Скрытые трещины обнаруживают на специальных установках (рентгеновские и ультразвуковые), а иногда менее совершенным способом - постукиванием молотком по различным участкам шатуна: глухой, дребезжащий звук указывает на трещины.

Поршневая группа в двигателях внутреннего сгорания, паровых машинах, компрессорах, пневматических и гидравлических механизмах предназначена для передачи силы давления газов или пара, действующих на поршень, коленчатому валу. К основным деталям поршневой группы относятся поршни, поршневые кольца и поршневые пальцы.

Поршни изготавливают из чугуна, а также из алюминия или других легких сплавов. На боковой поверхности поршня имеются канавки для поршневых колец. Обычно канавок бывает от 3 до 7, а иногда и больше. Верхние канавки служат для уплотнительных колец, а нижние - для маслосборных.

Поршневые кольца изготавливают из плотного мелкозернистого серого или специального чугуна. Благодаря пружинящим свойствам поршневые кольца прилегают равномерно к стенкам цилиндра, и поэтому, с одной стороны, препятствуют пропуску газов между поршнем и стенками цилиндра, а с другой



**Рис. 4.30. Поршневая головка:**

а - сборка; б - приспособление для сборки поршневых колец в цилиндр и установки

- предохраняют камеру сгорания от попадания в нее масла из картера. Поршневые кольца делятся на уплотнительные и маслосборные. Разрез в кольцах (замок) делают ступенчатой формы или кольцо разрезают наискось.

Сборку поршневой головки начинают с подборки поршня по цилиндру и по массе (рис. 4.30, а). Затем устанавливают шатун 5 в поршень 4 до совмещения отверстия поршневого пальца 3 с верхней головкой 2 шатуна. После этого слегка смазанный маслом поршневой палец вставляют в отверстие поршня и легким нажимом вводят внутрь.

Если требуется, чтобы поршневой палец имел натяг, то поверхность поршня нагревают в горячем масле 60–70°С. Затем устанавливают распорные кольца 1, предохраняющие поршневой палец от осевых перемещений при работе двигателя.

При сборке также обеспечивают правильные зазоры между поршнем и цилиндром и между поршневыми кольцами и канавками в поршнях.

Установка колец на поршень является очень ответственной операцией. Большое значение имеет зазор в их стыке. Слишком большой зазор приводит к прорыву газов через замок, а слишком маленький - к тому, что концы колец при нагревании могут упереться друг в друга, в результате чего кольцо, потеряв свою упругость, может вызвать задиры стенок цилиндра. Величина зазора в стыках должна быть от 0,3 до 0,8 мм.

Когда поршневые кольца надеты на поршень и находятся в свободном состоянии, их наружный диаметр больше диаметра поршня. Чтобы опустить поршень в цилиндр, кольца необходимо сжать. Сжимают кольца с помощью приспособления в виде цилиндра с конусной внутренней поверхностью (рис. 4.30, б). Меньший диаметр конусной поверхности равен диаметру цилиндра. Такое приспособление устанавливают на торец цилиндра, и поршневые кольца при опускании поршня вниз сжимаются и легко входят в цилиндр.

## **4.10. РЕМОНТ ХОДОВЫХ ВИНТОВ И ПЕРЕДАЧ ВИНТ-ГАЙКА**

### **4.10.1. Передача винт-гайка скольжения**

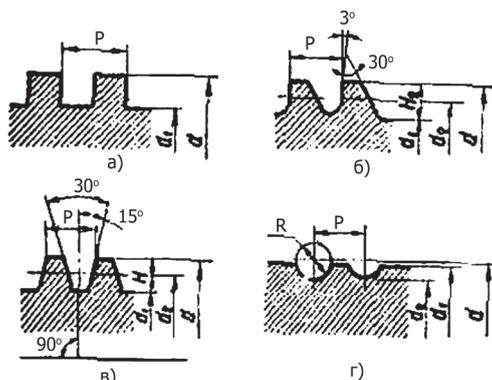
К точности винтовых передач предъявляются различные требования в зависимости от функции, выполняемой данной

сборочной единицей. Например, при изготовлении ходовых винтов для точных перемещений отклонения в пределах одного шага составляют  $\pm 6$  мкм, а наибольшее допускаемое биение по наружному диаметру на длине до 1 м – 120 мкм. Винты обычно делают из качественной стали, а гайки, которые дешевле и проще в изготовлении, выполняются из чугуна или бронзы или из чугуна с бронзовыми или баббитовыми вкладышами.

Резьба ходовых и грузовых винтов должна работать с наименьшими потерями на трение. Это достигается хорошим качеством обработки винта и гайки, а также применением смазки. В значительной мере потери на трение зависят также и от угла профиля резьбы. В этом отношении наилучшей является прямоугольная резьба (рис. 4.31, а), но, с другой стороны, ей присущи серьезные недостатки, вследствие чего прямоугольная резьба вытесняется трапецидальной (рис. 4.31, б).

Преимущества трапецидальной резьбы следующие:

- осевые зазоры (мертвый ход), образующиеся при износе, можно устранить стягиванием разрезной гайки, что невозможно для прямоугольной резьбы;
- трапецидальная резьба прочнее, так как основание витка у нее шире, чем у прямоугольной резьбы при том же шаге;
- трапецидальную резьбу легче изготовлять, чем прямоугольную. В зависимости от величины шага трапецидальная резьба может быть крупной, нормальной и мелкой, она ши-



**Рис. 4.31. Профили резьбы винтовых передач:**

а - прямоугольная; б - трапецидальная; в - упорная; г - полукруглая

роко применяется для ходовых винтов и домкратов.

Для грузовых винтов, работающих под нагрузкой только в одном направлении, например в гидравлических и винтовых прессах, в нажимных винтах прокатных станков и т.д., применяется упорная резьба (рис. 4.31, в). Она также может быть крупной, нормальной и мелкой.

Рассмотренные выше профили резьбы используются в передачах винт-гайка с трением скольжения, однако КПД этих передач невысок.

#### **4.10.2. Ремонт ходовых винтов**

Ходовые винты имеют трапецеидальную или прямоугольную резьбу. После длительной работы изнашиваются резьбовые опорные цилиндрические поверхности.

Изнаненные ходовые винты с трапецеидальной резьбой ремонтируют; 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. При этом подрезают торцы винта и исправляют центровые гнезда.

Изнаненную трапецеидальную резьбу ходовых винтов ремонтируют, если износ резьбы не превышает 10% первоначальной толщины витка и мертвый ход не превышает 0,25 мм. Ремонт винтов выполняют в таком порядке. Винт с трапецеидальной резьбой выверяют и протачивают с сохранением шага, но на большую глубину с тем, чтобы убрать следы выработки (рис. 4.32). Затем протачивают или шлифуют наружный диаметр 1 резьбы так, чтобы ширина и глубина витка 2 соответствовали нормальной резьбе, т.е. насколько углубили резьбу, настолько сняли металла с наружного диаметра резьбы.

В зависимости от шага резьбы и после ее исправления проточкой на глубину винт можно не протачивать по наружному диаметру на всю глубину, но обязательно проточить на ту глубину, при которой устранятся дефекты на поверхности винта и исправятся неточности установки винта для проточки резьбы (биение, забоины и другие дефекты).

В обоих случаях восстановления резьбы на ходовом винте требуется изготовить новые гайки или вкладыши, если гайка

разъемная, по новым ремонтным размерам резьбы винтов.

### 4.10.3. Передача винт-гайка качения

На рис. 4.31, г показан полукруглый профиль резьбы, используемый в передачах винт-гайка качения (ВГК). 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.

В передачах ВГК между рабочими винтовыми поверхностями винта 2 (рис. 4.33), гайки 4 и гайки 6 помещены стальные

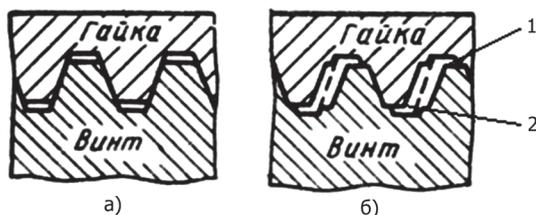


Рис. 4.32. Схема восстановления изношенной резьбы

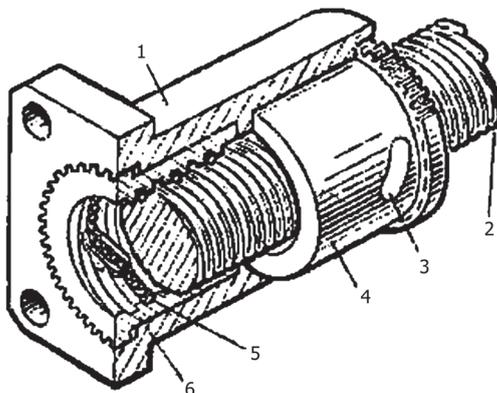
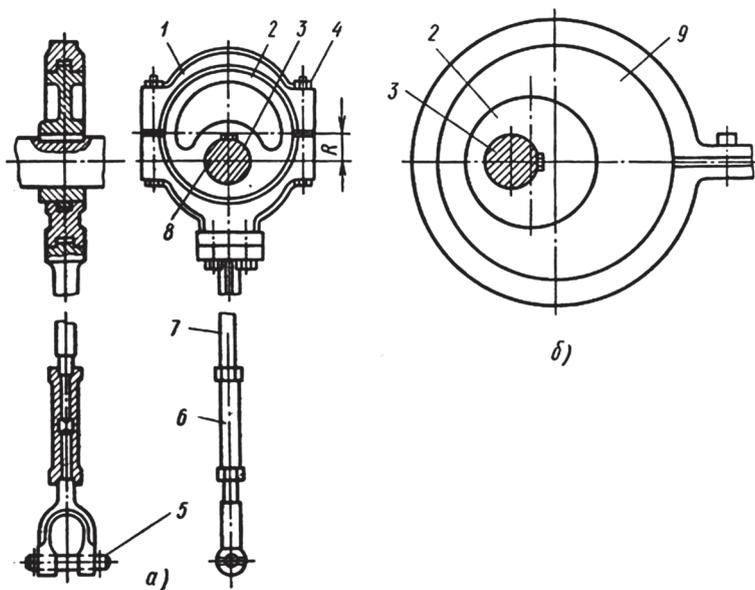


Рис. 4.33. Передача винт-гайка качения

шарики 5. При вращении винта шарики перекачиваются по винтовой поверхности винта и гайки и передают поступательное перемещение закрепленной в корпусе 1 гайке. При движении скорость перемещения шариков отличается от скорости ведущего и ведомого звеньев, поэтому необходимо обеспечить постоянную циркуляцию шариков. Для этого концы рабочей части резьбы гайки соединены возвратным каналом, помещенным во вкладыше 3. При движении шарики перекачиваются через выступ резьбы винта и снова входят в рабочую зону, циркулируя в пределах соединенных витков гайки. Эти гайки создают натяг, обеспечивающий большую осевую жесткость.

Для профилактики гайку следует разобрать, промыть, заменить дефектные шарики, устранить забоины во вкладышах, заменить смазку и вновь собрать.

Выборку зазора в передаче осуществляют поворотом гайки 6 относительно гайки 4.



**Рис. 4.34. Эксцентриковые механизмы:**

а - с разъемным хомутом; б - с механизмом для регулировки эксцентриситета

#### **4.11. РЕМОНТ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО МЕХАНИЗМА**

Эксцентрикковый механизм служит для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное. Его применяют в станках, штамповочных прессах, в золотниковом и клапанном распределении машин-двигателей. Эксцентрикковый механизм представляет собой разновидность кривошипно-шатунного механизма с небольшим радиусом кривошипа.

Разъемный эксцентрикковый механизм (рис. 4.34, а) имеет круглый диск (эксцентрик) 2, сидящий на шпонке 8 и на валу 3. Оси вала и диска не должны совпадать. Расстояние между осями (эксцентриситет) является радиусом кривошипа. Диск охватывается разъемным хомутом 1, скрепляемым болтами 4. С хомутом соединяется шатун 7 (и тяга 6), вилка которого через палец 5 шарнирно соединяется с ползуном, получающим возвратно-поступательное движение (например, с ползуном пресса или с золотником распределения).

Эксцентрикковый механизм может быть с двумя эксцентриками для регулировки эксцентриситета (рис. 4.34, б). Внутренний эксцентрик 2 сидит на валу 3 и охватывается внешним эксцентриком 9, который можно поворачивать и закреплять в различных положениях, что приводит к изменению эксцентриситета, а следовательно, и изменению длины хода ползуна. Применяется эксцентрикковый механизм в золотниковых парораспределителях и регуляторах нефтяных двигателей. Эксцентрики изготавливаются из чугуна или из углеродистой стали. Внутреннюю поверхность хомута заливают баббитом.

Эксцентрикковый механизм начинают собирать с посадки эксцентрика 2 на вал. Эксцентрик закрепляют на валу шпонкой. Собранный вал устанавливают в подшипники, после этого на эксцентрик надевают хомут 1 и скрепляют болтами 4. Предварительно нижнюю половину хомута соединяют с шатуном 7.

Регулируют зазор между эксцентриком и хомутом набором регулирующих латунных или медных прокладок толщиной до 0,05 мм, который устанавливают между плоскостями разъема хомута. При регулировке зазора удаляют по одной прокладке и проверяют на легкость вращения хомута до тех пор, пока хомут перестанет скользить по поверхности эксцентрика. После этого возвращают на место последнюю снятую прокладку и хомут скрепляют болтами.

По мере износа рабочей поверхности хомута во время работы эксцентрика эти прокладки постепенно удаляют.

После сборки и регулирования эксцентрика соединяют вилки шатуна с ползуном. Шатун регулируют только по длине стяжной гайкой 6 (рис. 4.34, а). Это регулирование необходимо для установки конечных положений хода ползуна. При сборке эксцентрика необходимо обеспечить перпендикулярность оси вала эксцентрика направляющим ползуна. Если будут перекосы, то это приведет к увеличенному износу направляющих ползуна и рабочих поверхностей эксцентрика и хомута.

Таблица 4.15

**Материалы, применяемые для изготовления прокладок**

Материал	Рабочая среда	Температура среды, °С	Рабочее давление среды, кгс/см <sup>2</sup>
Свинец	Кислоты	–	2
Резина сплошная	Вода, воздух, вакуум	30	3
Картон технический промасленный	Вода, нефть, масло	40	10
Паронит	Воздух	60	50
Резина с парусиновой прослойкой	Вода, воздух	60	6
Резина с металлической сеткой	Вода, воздух	90	10
Полотно армированное	Вода, воздух	150	–
Медь	Пар	250	35
Асбометалл с медной оболочкой	Пар	250	35
Алюминий	Пар	300	20
Алюминий	Нефть, масло	300 – 400	30 – 60
Мягкое железо	Вода, пар	470	100
Нержавеющая сталь	Пар	500	120
Полихлорвинил	Кислоты, бензин	60	40
Паронит УВ	Бензин, керосин, масло	100	75
Паронит Л и ЛВ	Вода, пар	375	40
Асбест	Отработанный пар, горячие газы	450	1,5

## **4.12. РЕМОНТ УПЛОТНЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Для длительного сохранения смазки на трущихся поверхностях применяют различные уплотняющие устройства, которые можно разделить на две основные группы: уплотнения для неподвижных соединений и уплотнения для подвижных деталей машин.

### **4.12.1. Уплотнение неподвижных соединений**

Наиболее распространенным средством уплотнения неподвижных соединений деталей являются прокладки из легко деформируемых материалов: свинца, меди, алюминия, технического картона, плотной бумаги, паронита, асбеста, резины сплошной или с тканевой прослойкой и различных пластмасс (хлорвинила, фторопласта, кожи, фибры) (табл. 4.15).

При ремонте устройств пневматических и гидравлических систем необходимо следить за тем, чтобы форма прокладок соответствовала прилегающим поверхностям обеих деталей.

Выбор толщины и материала прокладки имеет большое значение для герметичности соединения. Необходимо учитывать возможность сжатия материала прокладки (с учетом ее толщины) с тем, чтобы компенсировать отклонение от параллельности уплотняемых плоскостей соединяемых деталей.

Картонные и бумажные прокладки не должны иметь вырванных мест и разрывов. Поверхность прокладки должна быть ровной, чистой, без морщин и складок. Неравномерность толщины прокладок допускается не более 0,1–0,15 мм по всей поверхности. Для предохранения от размокания картонные и бумажные прокладки предварительно пропитывают олифой или машинным маслом. Перед пропитыванием прокладки рекомендуется смочить горячей водой и высушить. При этом прокладка набухает, пористость ее увеличивается и она лучше пропитывается горячим маслом (20–30 мин). Картонные и бумажные прокладки применяют для уплотнения стыков деталей, по которым перемещается вода или масло и др. под давлением.

Уплотняемые поверхности должны быть чистыми, без забоин и заусенцев. Отверстия на прокладках и на соединяемых стыках должны совпадать, возможное перекрытие должно быть не более 0,1 диаметра отверстия.

Замкнутые кольцевые канавки на уплотняемых поверхнос-

тях деталей улучшают уплотнение, а поперечные резки ухудшают его. Картонные и бумажные прокладки ставят на нитролаке или маслостойком клее.

#### 4.12.1.1. Резиновые кольца

Более совершенными уплотнениями подвижных и неподвижных соединений являются резиновые кольца из маслостойкой резины (рис. 4.35). Начальное уплотнение соединений с круглыми кольцами обеспечивают деформацией кольца в канавке, так как глубину канавки под кольцо делают меньше его диаметра.

Ширину канавки делают такой, чтобы кольцо в ней свободно размещалось в сжатом состоянии (при отсутствии начальной деформации кольцо уплотнять не будет). При воздействии давления кольцо расширяется и дополнительно уплотняет зазор. Резиновые кольца применяются для герметизации подвижных и неподвижных соединений, работающих при давлениях до 25 МПа, при давлениях свыше 10 МПа под кольца ставят защитные шайбы из фторопласта. Кольца круглого сечения могут работать при температуре от  $-50$  до  $+100^{\circ}\text{C}$  в зоне уплотнения. При монтаже кольца закладываются в прямоугольные канавки с обжатием по поперечному сечению в пределах 5–6%. Срок службы колец круглого сечения зависит от качества обработки поверхностей трения металла детали о резину (обычно не менее 1,25 Ra), сорта, твердости, упругости (эластичности) резины.

Достоинствами колец круглого сечения являются компакт-

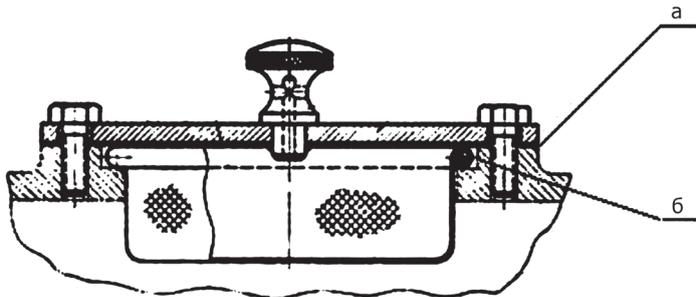


Рис. 4.35. Уплотнение неподвижных соединений деталей  
а - прокладка; б - резиновое кольцо или шнур

ность, надежность работы, небольшие потери на трение и нетребовательность в уходе при эксплуатации.

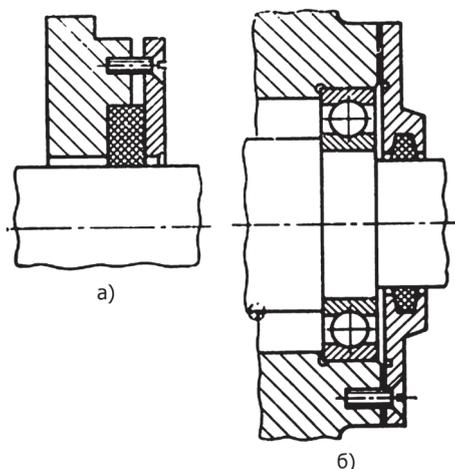
#### 4.12.2. Уплотнение подвижных соединений

Эластичный трущийся элемент уплотняющего устройства изготовляют из фетра или войлока, реже из пробки, пластмасс и специальных материалов, содержащих органические либо волокнистые неорганические вещества, связанные синтетическим каучуком или иными клеящими составами (рис. 4.36).

В зависимости от жесткости материала уплотняющее кольцо изготовляют целым или разрезным.

Такие устройства просты по конструкции и дешевы. Недостатком их является быстрый износ трущегося элемента. Кроме того, трение уплотняющего элемента о вал, корпус или другие детали узла повышает температуру деталей и узла в целом.

Кольца из войлока, фетра, пробки и пенки не рекомендуются применять при высоких температурах, в кислотной или щелочной внешней среде, а также в конструкциях, где окружные скорости на поверхностях трения превосходят нормативы, допускаемые для выбранных трущихся материалов при принятом методе обработки их поверхности.



**Рис. 4.36. Уплотнение валов эластичными трущимися уплотнениями:**  
а - кольцо с возможностью сжатия; б - кольцо, устанавливаемое в крышке

Контакт уплотняющих деталей с рабочими деталями машины обеспечивается за счет упругости применяемого материала или за счет внешних сил. Такие уплотнения защищают подшипниковые узлы от вытекания смазки и от попадания в них пыли и грязи. Эти уплотнения эффективны при окружных скоростях вала, не превышающих 5 м/сек. Если контактная поверхность вала полирована, то допускают окружные скорости до 8 м/сек.

Перед установкой войлочных (фетровых) колец проверяют состояние поверхности вала под войлочным кольцом (при наличии заусенцев, забоин, коррозии и грубых рисок, их удаляют) и concentricность кольцевого паза под войлочное кольцо в корпусе (крышке) относительно оси расточки. Одновременно необходимо убедиться в отсутствии трения подвижных деталей о неподвижные, т.е. в наличии кольцевого зазора между валом и корпусом.

Войлочные кольца изготавливают цельными или разрезными. В последнем случае заготовка представляет собой полосу войлока прямоугольного сечения, длина которой равна  $1,9(D+d)$ , где  $D$  - наружный диаметр кольца и  $d$  - его внутренний диаметр. Концы полосы срезают под углом  $20-25^\circ$  и сшивают не менее, чем двумя швами.

Заготовку кольца вырезают так, чтобы волокна войлока располагались вдоль заготовки. Плоскости среза должны плотно прилегать одна к другой и не иметь относительного смещения. В месте сшивки упругость кольца не должна заметно отличаться от упругости его на других участках.

Войлочные кольца ровно обрезают или отштамповывают без надрывов, сколов и других повреждений. Направление среза кольца выбирают с учетом направления вращения вала и расположения подшипника по отношению к кольцу. При неправильном направлении среза вращающийся вал заминает тонкий срез кольца и в подшипник могут попасть частицы войлока.

Перед установкой войлочного кольца в паз крышки подшипникового узла его пропитывают различными маслами или составами. Для пропитки обычно используют горячее ( $t=90^\circ\text{C}$ ) масло марки индустриальное 12, индустриальное 20 или горячий состав масел. Для пропитки войлочные кольца погружают в закрытый сосуд не менее, чем на 5 часов, а затем просушивают в течение 6 часов. Пропитывают и сушат в помещении при температуре не менее  $+15^\circ\text{C}$ . Войлочные кольца до установки в узел хранят в чистом и сухом месте.

Установленное войлочное кольцо в паз крышки должно плотно, без просветов, охватывать вал. Слишком сильное обжатие вала войлочным кольцом ведет к увеличению трения и чрезмерному повышению температуры узла и при температуре  $90^{\circ}\text{C}$  войлок быстро разрушается.

Правильность установки войлочных колец проверяют по температуре нагрева вращающегося вала и отсутствию утечки смазки из узла.

По конструктивному оформлению уплотняющие устройства могут быть разнообразными.

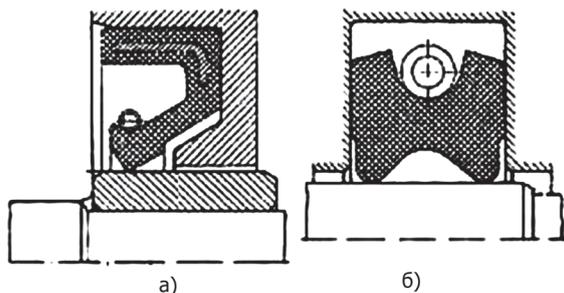
При плановых ремонтах и осмотрах подшипниковых узлов войлочные (фетровые) кольца, имеющие признаки износа и потерявшие упругость, заменяют.

При этом измеряют паз и вал и по полученным данным определяют необходимые размеры нового войлочного кольца. Паз под кольцо очищают от грязи, если на валу имеются грубые риски и забоины, то их удаляют.

Кольца, не пропитанные маслом (смесью), устанавливать нельзя.

Войлочное кольцо должно неподвижно сидеть в пазу корпуса (крышки) и плотно охватывать шейку вала, не препятствуя его свободному вращению. Кольца, бывшие в употреблении и не потерявшие упругости и своих размеров, можно использовать после тщательной очистки их от масла, пыли и грязи.

Очищают кольца кипячением в воде, промывкой дизельным топливом или керосином.



**Рис. 4.37. Манжетные уплотнения:**

а - армированные; б - неармированные

#### 4.12.2.1. Устройства манжетного типа

Манжеты изготавливают из синтетического каучука, прорезиненной ткани, графитизированного асбеста, пластмассы, кожи. Резиновые манжетные уплотнения, как правило, армированы металлическими кольцами (рис. 4.37).

Применяются для вращающихся валов при окружной скорости до 10 м/с и герметизации соединений с возвратно-поступательным движением при рабочем давлении до 0,05 МПа и температурах в месте контакта манжеты с валом от  $-45$  до  $+120$  °С.

Манжетные уплотнения прижимают к валу в процессе монтажа манжеты при помощи пружины, благодаря чему хорошо герметизируют от вытекания масла и от попадания пыли и грязи в подшипник, компенсируют износ.

Трущиеся поверхности под манжетные уплотнения должны быть полированы с чистотой поверхности не менее 1,25 Ra.

В настоящее время манжетные уплотнения получили очень широкое распространение в конструкциях вследствие их надежной работы при консистентной и жидкой смазке.

Манжеты (рис. 4.38) для герметизации соединений с возвратно-поступательным движением применяют при давлении до 30 МПа, температурах в зоне уплотнения от  $-50$  до  $+100$  °С (кратковременно до  $+120$  °С) и скорости движения вала относительно манжеты до 0,5 м/с.

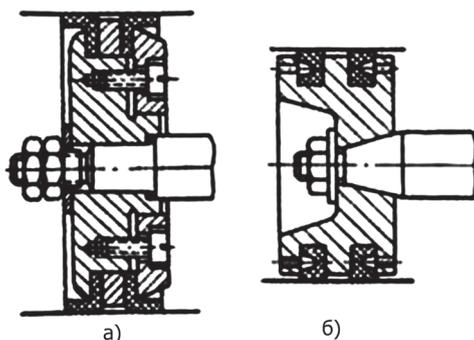


Рис. 4.38. Манжеты для уплотнения штоков и поршней:  
а - воротниковые; б - разжимные

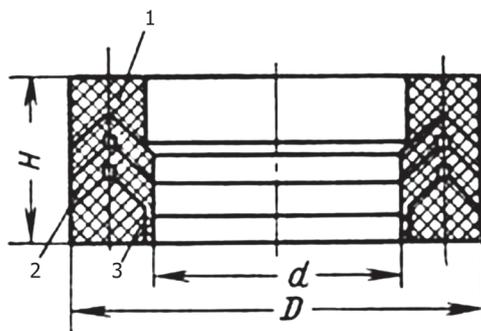
#### 4.12.2.2. Шевронные многорядные уплотнения

Шевронные многорядные уплотнения (рис. 4.39) применяют для герметизации соединений с возвратно-поступательным движением на давление до 50 МПа при температуре в зоне уплотнения от  $-30$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  (кратковременно до  $+80^{\circ}\text{C}$ ). Количество манжет в уплотнении бывает от 3 до 7 в зависимости от давления. Уплотнения изготовляют из хлопчатобумажной ткани «доместик», прорезиненной с обеих сторон.

Достоинствами шевронных уплотнений являются большая надежность их работы и значительный срок службы, а недостатками - значительная потеря мощности на трение при работе, большие габариты, необходимость периодического поджима в процессе эксплуатации.

Уплотнительные кольца и манжеты в зависимости от их назначения изготовляют из кожи минерального дубления, различных виниловых смол, маслобензостойкой резины, хлопчатобумажных, льняных, асбестовых и асбометаллических двусторонне прорезиненных тканей.

Уплотнительные кольца, изготовленные из кожи, не обеспечивают герметичность соединения, так как под воздействием температуры и минеральных масел, служащих рабочей средой, кожаные манжеты растрескиваются, теряют прочность, упругость и, постепенно ссыхаясь, отходят от стенок цилиндра. Кроме того, вскоре после монтажа манжеты разбухают, увеличивая силу трения между рабочими поверхностями вала и на-



**Рис. 4.39. Шевронные многорядные уплотнения:**

1, 3 - опорное кольцо; 2 - среднее уплотняющее кольцо; нажимное кольцо

бивки, отчего срок службы манжет резко сокращается. Хлорвиниловые уплотнительные кольца также не обеспечивают надежное уплотнение сальников, так как они после непродолжительной эксплуатации становятся хрупкими, полностью теряют эластичность и подвижность, а при повышении температуры выше 60°С размягчаются. Лучшим материалом для манжет является маслостойкая резина, которая хорошо работает в среде минеральных масел и воды, сохраняя продолжительное время упругость. Применять маслостойкую резину можно при температуре 40–100°С. Манжетные кольца из указанного материала могут изготавливаться с высотой борта не более 20 мм.

Манжетные и уплотнительные кольца, изготовленные из хлопчатобумажных, льняных, асбестовых и асбометаллических двусторонне прорезиненных тканей, вполне заменяют кожу и резину. Они отличаются большой прочностью, достаточной эластичностью, продолжительным сроком службы, стойкостью в условиях высоких давлений, повышенных температур, различных неагрессивных, а в исключительных случаях и в агрессивных рабочих средах.

В качестве связующего материала при производстве колец применяют резиновые клеи, способные противостоять действию нефтепродуктов, инертных газов, воздуха, холодной и горячей воды, пара и перегретой воды. Манжетные и уплотнительные кольца из прорезиненных тканей нередко комбинируют с цветными металлами, а для улучшения амортизационных свойств - с резиновой полосой или шнуром.

Манжетные уплотнительные кольца различных типов, изготовленных из двусторонне прорезиненных тканей, имеют срок службы в одинаковых условиях эксплуатации значительно выше, чем такие же уплотнения, изготовленные из кожи, резины или полихлорвинила.

На срок службы манжет в большей степени влияет загрязненность рабочей среды, чистота обработки поверхности цилиндра и штока.

Наличие на рабочих поверхностях цилиндра и штока царапин, неровностей и заусенцев способствует более быстрому разрушению кромок и рабочей поверхности манжет.

Действие хлопчатобумажных манжетных колец шевронного типа основано на автоматическом уплотнении соединения при помощи рабочего давления среды. Если имеется постоянное рабочее давление, то эти манжетные кольца могут

обеспечивать хорошее уплотнение без дополнительного осевого нажима. Под действием осевой нагрузки рабочего давления пакет манжетных колец сжимается в осевом направлении и увеличивается в диаметральном, чем и обеспечивается уплотнение соединения. Поэтому их применяют для уплотнения при перемещении штока и для уплотнения при перемещении поршня внутри цилиндра. Для уменьшения трения при перемещении штока длину уплотнения манжетными кольцами выбирают минимальной. Обычно на штоке ставят от одного до четырех и реже больше манжетных колец. Для лучшего уплотнения штока манжетные кольца некоторых типов выпускают комплектно. При этом торцевые кольца имеют конфигурацию, отличающуюся от конфигурации средних колец, которая обеспечивает правильное расположение, отсутствие перекосов и деформации, а также равномерное прилегание средних колец к валу или стенкам цилиндра.

#### 4.12.3. Ремонт сальниковых набивок

Сальниковые набивки подразделяют на металлические, волокнистые (мягкие), комбинированные (из волокна с металлом) и набивки из резины и пластмасс.

Металлические набивки бывают твердыми и мягкими.

**Твердые металлические набивки** состоят из литых или точеных колец цветного металла или мелкозернистого чугуна. Применяют их для предотвращения частой замены и набивки сальников машин, работающих непрерывно при больших давлениях и высоких скоростях.

Главными достоинствами твердых металлических набивок является большая долговечность в тяжелых условиях работы и меньшая вероятность частых исправлений при непрерывном ходе машины; недостатками - сложность конструкции и необходимость тщательной и точной установки

**Мягкие металлические набивки** - набивки, плетеные из различных по составу и сечению проволок, скатанные из листов фольги или в виде стружек и нарезанных полосок из цветных металлов. По качеству работы в сальнике они занимают среднее положение между твердыми металлическими и волокнистыми набивками.

**Волокнистые и комбинированные набивки** (волокно с металлом) в уплотнениях движущихся частей играют значитель-

ную роль и имеют наибольшее распространение по сравнению с другими группами набивок для герметизации сальников.

Основной недостаток волокнистых мягких набивок заключается в том, что приходится в начале работы часто осматривать, подтягивать крышки сальника и добавлять новые кольца. Кроме того, они не обеспечивают надежного уплотнения сальников при высоких температурах и давлениях рабочих сред.

Для соединения свойств, присущих мягким волокнистым и металлическим набивкам, выпускают различные комбинированные набивки, состоящие из мягких текстильных волокон минерального или растительного происхождения, нередко пропитанных различными композициями, и цветных металлов и их сплавов.

**Набивки общепромышленного назначения** бывают сухие, самосмазывающиеся (пропитанные) и прорезиненные. Каждая из них отличается друг от друга способом изготовления, конструкцией и материалом.

**Сухие сальниковые набивки**, за исключением тальковой, состоят из какого-либо текстильного волокнистого материала. В их состав не входят резиновые и пропиточные продукты и порошковые наполнители. По способу производства сухие сальниковые набивки делят на чесанные волокнистые, крученые и плетеные.

Набивки из чесаного волокна, простейшим видом которых являются набивки из хризотилового и амфиболового асбестов, стекла и лубяных культур, применяют для уплотнения мелких сальников арматуры, работающей в различной среде.

В производственных условиях чаще всего применяют чесаное волокно из лубяных культур (льна, пеньки, джута), раз-

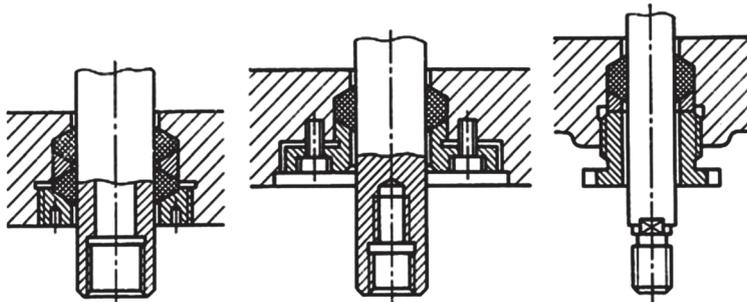


Рис. 4.40. Сальники

личных асбестов и стекла. Чесаным волокном набивают мелкие сальники приборов, машин и установок при давлении среды не свыше 3–5 кг/см<sup>2</sup>. В зависимости от рабочей среды применяют следующее чесаное волокно:

- холодная вода - хлопчатобумажные материалы;
  - холодная и горячая вода при температуре не свыше 100° С
- материалы лубяных культур;
- пар, перегретая вода, инертные газы при температуре до 400° С, горячие и холодные щелочи - хризотилковый асбест;
  - холодные и горячие кислоты (серная, соляная, азотная и др.) - амфиболовый асбест и стеклянное волокно.

Набивки из чесаного волокна имеют ограниченное применение в промышленности.

Набивки крученые из пряжи различных волокнистых материалов изготовляют в виде шнура толщиной от 3 до 25 мм и нити.

**Сальники с мягкой (эластичной) набивкой** являются наиболее распространенным видом уплотнения. Нередко их устанавливают на машинах в комбинации с сальниками, имеющими твердые набивки или лабиринтовые и торцовые уплотнения.

В этом случае сальники с мягкими набивками называют предсальниками.

Сальники без натяжения представляют собой металлические корпуса с концентрическими выточками на подвижной или неподвижной частях соединения, в которые закладывают уплотнительные материалы. Сечения выточек в сальниках имеют форму квадрата, прямоугольника, треугольника, трапеции и полукруга, реже форму других более сложных геометрических фигур. Для более надежного уплотнения сальник без натяжения сочетают с другими конструкциями сальников.

Сальники с мягкой набивкой с осевым натяжением (рис. 4.40), кроме сменной части (уплотнительного материала), имеют натяжное устройство для сжатия материала набивки.

**Самосмазывающиеся (пропитанные) набивки** представляют собой туго сплетенные шнуры из хлопчатобумажной, пеньковой, асбестовой и асбесто-проволочной пряжи или нитей круглого или квадратного сечения, пропитанных антифрикционным составом.

Тальковую самосмазывающуюся набивку выполняют в виде плотного пропитанного шнура круглого или квадратного сечения, снаружи оплетенного хлопчатобумажной нитью с сер-

дечником из одного продольного слоя джутовой, пеньковой или хлопчатобумажной пряжи с набитым тальком или смеси талька с графитом в центре.

Самосмазывающиеся набивки устанавливают в сальниках разнообразных машин, станков и насосов при скоростях вала не более 10 м/сек (преимущественно в тех случаях, когда нет принудительной смазки).

**Прорезиненные сальниковые шнуры и набивки** применяют для уплотнения сальников любых систем. Они имеют большую прочность и непроницаемость, вследствие чего их можно применять при очень высоких давлениях (в неагрессивных рабочих средах).

Недостатки прорезиненных изделий заключаются в том, что они требуют постоянной смазки стержней сальника подобно металлическим набивкам и сильно твердеют, особенно асбестовые и асбометаллические набивки при плохой смазке и повышенных температурах в сальниках.

Прорезиненные шнуры и набивки выпускают круглого, квадратного и фасонного сечений.

**Прорезиненные прессованные сальниковые набивки** являются лучшим уплотнением для сальников, работающих при низких скоростях штока или вала в неагрессивных рабочих средах и в условиях высокого давления среды при температуре от 0 до 400° С.

**Монтаж и техническое обслуживание сальников.** При ремонте для устранения утечек через сальники производят удаление из сальника старой набивки. Сальник и поверхность стержня тщательно очищают от остатков набивки, нагара и грязи. Очищенный сальник осматривают и все обнаруженные неисправности устраняют; сильно изношенные части заменяют новыми.

Стержни сальников рекомендуется протирать кристаллическим графитом или термографитом с небольшим содержанием масла.

Перед монтажом сальника необходимо отобрать набивку, вполне отвечающую условиям работы, а также учесть, что первое кольцо, соприкасающееся с рабочей средой, должно быть изготовлено из высокоустойчивого материала. Набивку проверяют на эластичность, и с ее поверхности удаляют пыль и грязь. При укладке набивки в сальник необходимо следить, чтобы набивка равномерно без пустот заполняла сальник.

Сальниковую коробку заполняют набивкой так, чтобы на-

жимная втулка входила в нее не менее, чем на 3–5 мм, в зависимости от глубины сальника. Затяжку нажимной втулки следует производить не до упора, а оставлять запас хода для последующей подтяжки.

Основной причиной, ухудшающей работу сальника, является сильная затяжка набивки, которая вызывает повышенное трение. В результате трущиеся поверхности быстро изнашиваются и резко увеличиваются потери мощности на трение. Иногда набивку и стержень портят чрезмерно тугой затяжкой втулки сальника в результате применения ключей с увеличенным рычагом. В отдельных случаях при пропусках рабочей среды, особенно при высокой температуре, крышки сальников не только не рекомендуются поджимать, а, наоборот, следует ослаблять, чтобы устранить течь. Валы, штоки и шпиндели чаще изнашиваются в результате работы с толчками, при смещении центров и вибрации вала.

#### **4.13. РЕМОНТ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ГИДРОПРИВОДА**

**Шестеренчатый насос** (рис. 4.41) состоит из чугунного корпуса 12, крышек 14 и 11, скрепленных винтами. Их точное расположение фиксируется контрольными штифтами. В корпусе расположены зубчатые колеса 13 и 1, закрепленные на валах 9 и 3 шпонками. Шпонка ведомого вала укреплена штифтом 10. Валы вращаются в игольчатых подшипниках, которые расположены во втулках 8, помещенных в чугунные вкладыши 7. Между корпусом и крышками проложены уплотнения из бумажной калки, пропитанной нитролаком.

Утечка жидкости по ведущему валу устраняется подтягиванием винтами 5 чугунной втулки 6, сжимающей пробковую прокладку или сальниковую набивку 2. Выступающий конец вала имеет шпонку 4 для соединения с приводом. Чем больше количество зубьев, тем равномернее подается жидкость.

Зубчатые колеса для насосов изготавливают из цементируемых сталей с последующей термической обработкой и шлифованием профиля зубьев на зубошлифовальном станке.

Биение диаметра начальной окружности зубчатых колес допускается до 0,04 мм, непараллельность зубьев к оси отверстия не более 0,03 мм, биение к торцу не более 0,02 мм на диаметре до 50 мм.

Основные требования при сборке шестеренчатых насосов следующие: достижение плотности в посадочных местах корпуса, соблюдение межосевого расстояния для осей зубчатых колес, получение хорошего зацепления.

При сборке шестеренчатых насосов обращают особое внимание на зазор между зубчатыми колесами и вкладышами, который должен составлять 0,04–0,08 мм. Соблюдение равномерности и величины этого зазора - основное условие правильной сборки насоса.

Недостаток обычных шестеренчатых насосов состоит в том, что зубчатые колеса в них испытывают одностороннее давление жидкости, направленное со стороны полости нагнетания в сторону всасывания, вследствие чего расточка корпуса получает односторонний износ (чем больше давление жидкости, тем быстрее износ).

Если при обработке зубчатых колес или корпуса насоса не выдержан допуск, в пределах которого они должны быть обработаны, следует шлифовать торцы зубчатых колес (когда зазор меньше требуемого) или торец корпуса (когда зазор больше допускаемого).

Сборку насоса заканчивают установкой винтов и контрольных штифтов, после чего проверяют вручную вращение ведущего вала, которое должно быть легким и плавным. Защемление вращающихся деталей объясняется небрежной

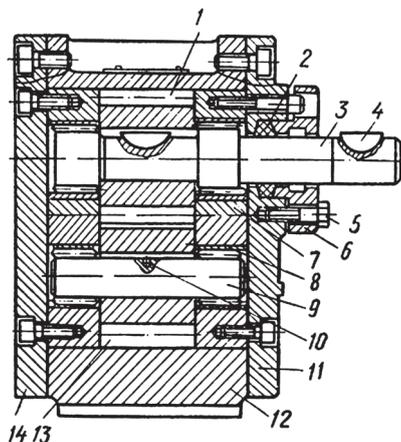


Рис. 4.41. Устройство шестеренчатого насоса

сборкой или перекосом осей под подшипники. В этом случае ослабляют винты, крепящие крышки насоса, и если зубчатые колеса будут вращаться легко, вновь затягивают их без перекоса. Если при этом не будет получено хороших результатов, выполняют перештифтовку крышек.

После сборки насос испытывают на специальном стенде для определения производительности и объемного коэффициента полезного действия. Насос должен работать без шума и стуков.

При сборке шестеренчатого насоса особое внимание обращают на качество зацепления зубьев, так как при неточном зацеплении масло не полностью заполняет впадины и в магистраль попадает воздух и пары жидкости, нарушающие нормальную работу системы. Зазоры между головками зубьев и внутренней поверхностью корпуса не должны превышать 0,02 мм, а между торцами зубчатых колес и крышками корпуса 0,02–0,04 мм. Плоскости крышек после тщательной обработки проверяют «по краске» на плите. Изготавливают колеса из цементуруемой стали, закаленной до твердости 52–58 HRC. Биение колес не должно превышать 0,04 мм, а отклонение от параллельности между их зубьями и осью отверстия - 0,03 мм. Зазор между зубьями колес при замере щупом не должен превышать 0,1 мм.

**Лопастной - пластинчатый насос** (рис. 4.42) состоит из чугунного корпуса 1 с крышкой 12, между которыми смонтиро-

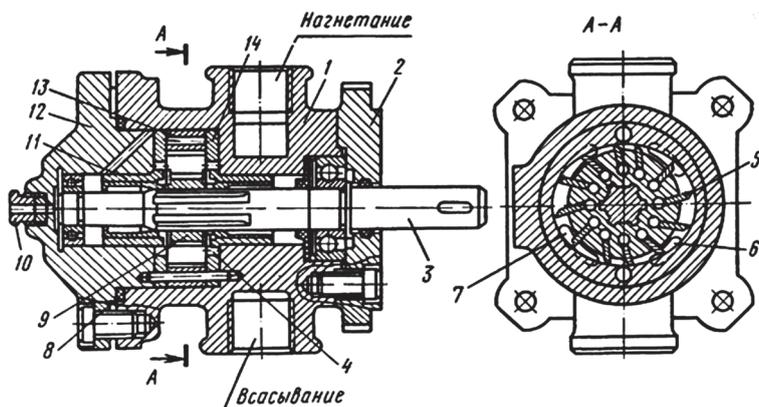


Рис. 4.42. Пластинчатый насос

вано стальное закаленное кольцо (статор 13), имеющее внутри профилированную поверхность, по которой скользят двенадцать лопаток 5. Ротор посажен на шлицы вала 3, свободно вращающегося в шариковых подшипниках. К торцам статора 13 и ротора 9 прижаты распределительные диски 11 и 14. В дисках имеются два окна 6 для всасывания и два окна 7 для нагнетания масла.

При вращении ротора 9 лопатки 5 под воздействием центробежной силы и давления масла, подведенного под лопатки через отверстия 4, прижаты к внутренней поверхности статора 13. За один оборот ротора 9 осуществляется два цикла всасывания и нагнетания, поэтому насос называется насосом двойного действия.

Уплотнение между корпусом 1 и крышкой 12 достигается с помощью пробкового кольца 8. Чтобы предотвратить утечку по валу 3 насоса, во фланце 2 установлены уплотнения - манжета из маслостойкой резины и фетровые прокладки. Между статором 13 и дисками 11 и 14 неизбежно просачивается масло. Для его отвода в крышке насоса имеется отверстие, через которое масло направляется в резервуар по трубке, соединяемой со штуцером 10.

Пластинчатые насосы работают более надежно на масле с вязкостью 2,5–5 °Е. Масло более высокой вязкости может нарушить работу насоса, так как центробежная сила может не преодолеть вязкость масла и не вытолкнет лопасть к периферии ротора.

При сборке пластинчатого насоса точность посадки лопастей в пазах ротора с зазором 0,02–0,03 мм достигают подбором лопаток или притиркой их с пастой на плите. Лопастей не должны выступать над статорным кольцом; допускается положение лопасти на 0,01–0,02 мм ниже наружного диаметра статорного кольца. На эту же величину по высоте ротор должен быть меньше статорного кольца.

Статорные кольца изготавливают из стали ШХ15 или ХВГ, закаленной до твердости 60–64 HRC.

В изношенном роторе восстанавливается параллельность стенок пазов, шейки и торцы. Вместе с шейками шлифуют торцы ротора. При этом обеспечивают соосность шеек в пределах 0,02 мм и биение торцов 0,015–0,02 мм на радиусе 40 мм.

Сборка лопастного насоса очень сложная операция, ее выполняют по сборочному чертежу с соблюдением технических

условий. При сборке лопастного насоса нужно иметь в виду, что большое отверстие в корпусе насоса - всасывающее, а меньшее - нагнетательное. После сборки насоса проверяют равномерность и силу затягивания крепежных винтов. Ротор должен проворачиваться легко и плавно. Тугое вращение ротора устраняется регулировкой затяжки винтов (при перекосе крышек) или притиркой задней крышки.

После сборки насосы проверяют на стенде на производительность при различных давлениях, обусловленных техническими требованиями.

**Поршневой насос** (рис. 4.43) состоит из распределительно-го диска 1, корпуса 2, блока цилиндров, в котором перемещаются поршни 4, приводимого во вращение валом 8. Поршни 4 в блоке цилиндров и толкатели 5 в блоке 6 перемещаются под действием пружины до упора в реактивное кольцо 7. При вращении блока цилиндров относительно распределительно-го диска 1 поршни 4 в течение одной половины оборота под действием пружин, перемещаясь к реактивному кольцу 7, всасывают масло в цилиндр по каналу 3. В течение второй половины оборота реактивное кольцо 7, перемещая толкатели 5 и поршни 4, сжимает пружины и выжимает масло из цилиндров в нагнетательную магистраль.

При сборке поршневых насосов обращают серьезное внимание на пригонку сопряженных деталей. Особенно хорошо должны быть притерты поршни 4 в своих цилиндрах, причем цилиндры делают по допускам Н6, а поршни (плунжеры) - по допускам h5. Овальность и конусность поршней не должна пре-

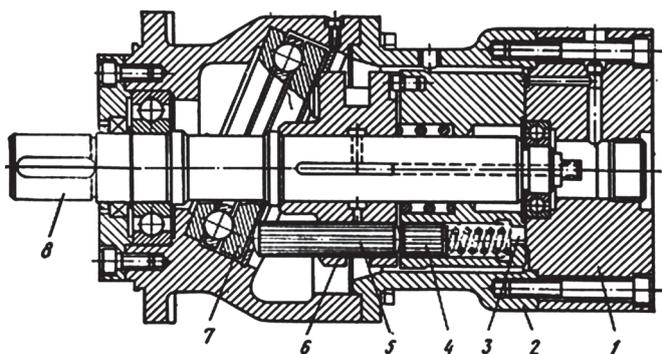


Рис. 4.43. Поршневой насос

вышать 0,005 мм, а цилиндров - 0,01 мм. При сборке каждый поршень вставляют в свой цилиндр, для этого их клеймят.

При незначительном износе ограничиваются притиркой, которую делают пробками, специально изготовленными из чугуна, меди или бронзы. Изношенные поршни заменяют новыми и притиркой подгоняют новые поршни к предназначенным для них отверстиям.

Поршни должны входить в отверстия свободно, без качки - так, чтобы при вертикальном расположении они медленно опускались вниз под действием собственной массы. Наибольший допустимый зазор между поршнем и цилиндром - 0,015 мм. Рабочие поверхности должны быть в пределах  $Ra=0,1-0,025$  мкм. Для повышения износостойкости рабочую поверхность плунжера доводят и иногда пассивируют, т.е. подвергают специальной электрохимической обработке с целью уменьшения агрессивного влияния внешней среды.

Особые требования предъявляют к беговой дорожке реактивных колец 7, по которой перемещаются сферические концы плунжеров 5. Поверхность дорожки шлифуют, доводят и полируют. В целях предохранения дорожки от коррозии ее иногда оксидируют.

**При сборке цилиндров** поверхность контакта отверстия поршня к штоку по конусу при проверке «на краску» должна составлять не менее 75% поверхности конуса; в случае необходимости отверстие пригоняют.

Допускаемое биение поршня со штоком в сборе 0,015–0,02 мм на 100 мм диаметра. Овальность и конусность штока допускается в пределах 0,01–0,02 мм.

Конусность рабочего цилиндра не должна превышать 0,03 мм на длине 1000 мм, бочкообразность и вогнутость - 0,03 мм. На внутренней поверхности рабочего цилиндра не допускаются продольные риски и задиры. Шероховатость не менее  $Ra=0,1$  мкм.

Сборка рабочих цилиндров включает пригонку крышек, проверку резьбы, установку прокладок и затяжку болтов или винтов.

Если у цилиндра обе крышки съемные, то вначале гильзу и крышку с отверстием для штока соединяют временными болтами или скобами. После этого вводят собранный поршень, устанавливают вторую крышку с прокладкой и монтируют постоянные болты.

Во избежание повреждения манжет или колец при установке поршня в цилиндр применяют монтажные кольца.

Шток в крышке цилиндра уплотняют сальниками. Материалом для сальниковой набивки обычно служит хлопчатобумажный, асбестовый или пеньковый шнур или свернутый из этих материалов жгут, в который иногда вплетают кожаные полоски или резиновые нити. Сальниковую набивку, составленную из отдельных колец с косым срезом, напрессовывают с помощью оправки в зазор между корпусом и штоком и зажимают; набивка из цельного неразрезанного шнура не допускается.

Собранный рабочий цилиндр подвергают испытанию на утечку.

При испытании гидроцилиндров на утечку в одну полость цилиндра при закрепленном в среднем положении штоке поршня нагнетают масло, нагретое до 50 °С, при давлении 50–75 кг/см<sup>2</sup>. Масло, проникшее в другую полость, замеряют мерным сосудом. Для цилиндров диаметром 65–120 мм допускается утечка масла 5–15 см<sup>3</sup>/мин.

Затяжка уплотнения должна быть такой, чтобы сила трения поршня и штока преодолевалась давлением жидкости не выше 0,5 МПа.

**При сборке регулирующей и распределительной аппаратуры** следует обращать внимание на контактную поверхность клапанов, золотников и состояние уплотнительных поверхностей.

При разборке клапанов следует обращать внимание на плотность контакта клапана к седлу, что характеризуется отсутствием протекания масла через клапан, а также на плотность сопряжении крышки и корпуса.

Проверяют также качество выполнения резьбовых соединений, притирки игл и тарелок клапанов и установку пружин строго по чертежу. Собранные клапаны подвергают предварительному испытанию на герметичность (утечку).

Плотного контакта поверхностей клапанов добиваются их притиркой. Окончательную доводку осуществляют пастой ГОИ. При удовлетворительном контакте на уплотнительных поверхностях образуется равномерный поясок по окружности клапана шириной не менее  $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$  ширины всей запирающей поверхности клапана.

Посадка золотника в корпус должна быть плотной. Соосность поясков золотников и клапанов должна выдерживаться до 0,01 мм. Конусность и овальность - 0,005–0,01 мм. Неперпендикулярность торцов в ответственных местах не более 0,01 мм. Зазор между отверстием корпуса и золотником должен быть 0,015–0,05 мм.

Утечки в золотниках допускаются до 10 см<sup>3</sup>/мин при давлении масла 6 МПа и температуре его 50 °С.

Детали сборочных единиц гидропривода не должны иметь вмятин и забоин. Обнаруженные на сопрягаемых поверхностях крышек, корпусов и чугунных прокладок забоины удаляют шабрением «по краске», притиркой на плите или по месту.

**При сборке фильтров** следует учитывать, что в гидросистемах станков должны быть установлены фильтры тонкой очистки с номинальной толщиной фильтрации 25 мкм, снабженные устройствами визуальной или электровизуальной сигнализации о загрязненности. В гидравлических следящих приводах, приводах с аксиально-поршневыми насосами и гидромоторами, а также в гидроприводах малых подач с дроссельным регулированием скорости следует устанавливать фильтры с номинальной толщиной фильтрации 10 мкм.

На баке гидросистемы станка должны быть установлены заливочные фильтры для заполнения бака рабочей жидкостью с номинальной толщиной фильтрации не грубее 25 мкм.

**Бумажные фильтроэлементы** изготовляют из высокосортных хлопковых волокон или древесной целлюлозы. Для придания бумаге повышенной механической прочности ее пропитывают при температуре 18–25 °С спиртовым раствором бакелитового лака и смолы, просушивают, затем полимеризируют при температуре от 60 до 200 °С. Это позволяет повысить прочность бумаги в несколько раз, причем гидравлическое сопротивление при этом возрастает незначительно. Бумажный фильтроэлемент во избежание разрыва от давления рабочей жидкости защищается сеткой. Бумагу вместе с сеткой соединяют по торцам металлическими крышками и заливают эпоксидной смолой.

**При сборке трубопроводов** следует учитывать, что герметичность и надежность соединений - основное техническое требование, предъявляемое к сборке трубопроводов.

Требуемую форму трубопроводу придают путем гибки или соединения отдельных частей трубы фитингами или на фланцах. Трубопровод по возможности должен иметь минимальное число колен и изгибов. Сечения труб должны быть на всем протяжении полными, без вмятин, гофра и овальности. Отношение радиуса закругления колена к диаметру трубы не следует допускать менее 1,5, так как при более резких перегибах коэффициент сопротивления значительно увеличивается. В местах изгиба овальность трубы обычно не

должна превышать 5% ее наружного диаметра.

Трубопроводы для гидравлических систем выполняют из медных, латунных, алюминиевых или стальных тонкостенных труб. Неразъемные соединения в трубопроводах обеспечивают сваркой или пайкой труб твердыми припоями с применением переходных муфт. Разъемные соединения трубопроводов обеспечивают с помощью различной резьбовой или фланцевой арматуры.

При сборке соединения с развальцовкой концов трубки накидную гайку 2 (рис. 4.44, а) надевают на трубку 1, конец ее зажимают в приспособлении и с помощью вальцовки отбортовывают на угол, несколько больший 90°. Затем отбортованный конец трубки прижимают к конусу корпуса 3, а гайку 2 до отказа навинчивают на резьбу. Плотность соединения достигается в результате деформации отбортованной стенки трубки.

Отбортованная часть должна быть примерно такой же толщины, как труба. Уменьшение этой толщины более чем на 0,15–0,2 мм снижает прочность трубопровода. На отбортованной части не должно быть трещин, надрывов и морщин. Край трубки после отбортовки следует зачистить личным напильником.

В соединении с шаровым ниппелем (рис. 4.44, б) к трубке с предварительно надетой гайкой припаивают ниппель. При сборке шаровую поверхность ниппеля вставляют в конусную выточку корпуса и путем затяжки накидной гайки создают высокое давление, что устраняет необходимость притирки этих поверхностей. Если ниппель имеет конусную поверхность, то его предварительно притирают к конусу выточки.

Соединения с зажимными конусами (рис. 4.44, в) собирают без предварительной пригонки. Латунный конус припаивают к

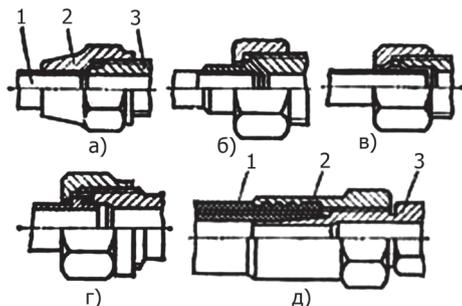


Рис. 4.44. Схемы соединения трубопроводов и рукавов с помощью арматуры

трубе на некотором расстоянии от ее конца. При этом выступающая часть трубы должна быть короче выточки в корпусе, иначе накидная гайка при надавливании на конус сорвет его. Припайку ниппелей и конусов к трубе производят медным или другим твердым припоем, так как пайка оловом не может обеспечить необходимую прочность в условиях работы системы с вибрацией.

В соединениях с торцовым уплотнением (рис. 4.44, г) герметичность достигается прокладкой, расположенной между торцом штуцера и заплечиком ниппеля и поджимаемой накидной гайкой.

Сборку соединений для заделки рукавов с металлической оплеткой (рис. 4.44, д), рассчитанных на рабочее давление до 10 МПа, осуществляют следующим образом. Сначала конец рукава 1 ввинчивают в муфту 2 с левой резьбой; в муфту ввинчивают ниппель 3, зажимающий рукав конусной частью.

При сборке гидробака следует учитывать, что конструкция бака должна быть жесткой и виброустойчивой; бак предохраняет рабочую жидкость от загрязнения, обеспечивает беспрепятственную подачу ее к всасывающему трубопроводу, а также слив из системы без насыщения воздухом. Всасывающий трубопровод должен быть по возможности коротким, с минимальным количеством изгибов. Всасывающий трубопровод присоединяют к насосу с надежным уплотнением, исключающим возможность засасывания воздуха. Размеры трубопровода и всасывающих фильтров должны обеспечивать давление на входе не более 0,02 МПа при максимальной подаче и скорость масла не более 0,5 м/с.

Всасывающий и сливной трубопроводы располагают на 50 мм ниже уровня рабочей жидкости. Всасывающий трубопровод не должен доходить до дна бака на 2–3 диаметра трубы, а сливной должен быть расположен на ~100 мм выше.

Концы труб срезают под углом 45°, они должны быть расположены на расстоянии не менее 250 мм друг от друга.

Объем рабочей жидкости в баке должен быть не меньше того объема, который необходим для двухминутной подачи насоса во избежание чрезмерного нагрева и эмульсирования рабочей жидкости воздухом. Всасывающая линия насоса внутри бака должна быть отделена от сливной линии перегородкой высотой, составляющей  $\frac{2}{3}$  высоты нормального уровня рабочей жидкости.

В напорном или сливном трубопроводе следует установить фильтры с номинальной толщиной фильтрации 25 мкм. Для повышения ресурса насоса рекомендуется устанавливать фильтры с толщиной фильтрации 10 мкм. Во всасывающем трубопрово-

де можно устанавливать фильтр для предварительной очистки рабочей жидкости, однако при этом может увеличиться шум насоса и могут ухудшиться процессы его регулирования.

Для уменьшения вибраций трубопровода можно соединить насос с линией нагнетания резиновым шлангом (соответствующего давления).

#### **4.13.1. Монтаж и наладка системы гидропривода**

**При монтаже системы гидропривода** вал насоса тщательно центрируют с валом электродвигателя. Неточная его установка влечет за собой прогиб, иногда и поломку вала насоса, а также преждевременный износ ряда деталей, приводит к утечкам масла и засасыванию воздуха в систему. Вал насоса соединяется с приводным валом электродвигателя только с помощью упругой муфты. Валы должны быть точно сцентрированы, максимальный угол перекоса осей -  $1^\circ$ , максимально допустимое радиальное смещение осей - 0,1 мм.

В месте присоединения всасывающего трубопровода к насосу делают надежное уплотнение, чтобы в систему не мог проникнуть воздух. Концы сливных трубопроводов погружают в масло. Слив масла с прохождением струи частично по воздуху не допускается, так как тогда масло увлекает воздух за собой внутрь гидробака.

**При монтаже гидроцилиндров** на машине необходимо соблюдать параллельность оси жестко закрепляемого цилиндра направляющим движением рабочего органа машины. Для проверки цилиндра в двух взаимно перпендикулярных плоскостях обычно предусмотрены на концах гильзы шлифованные пояски, которые концентричны ее внутренней поверхности.

Монтаж штока с кронштейном или стойкой нужно выполнять так, чтобы ось штока совпадала с осью цилиндра и была параллельна направляющим движением рабочего органа машины. Допускаемое отклонение не более 0,1 мм, если нет указаний в технической документации.

Если не соблюдены эти требования, то при эксплуатации цилиндров возможны искривление штока и его защемление в направляющей втулке или в отверстии крышки; неравномерное, с вибрациями, движение штока и связанного с ним рабочего органа машины; появление задиров на поверхности штока и направля-

ющей втулке; преждевременный износ уплотнительных колец и появление течи масла; увеличение сил трения и неравномерный преждевременный износ уплотнений поршня и цилиндра.

При обнаружении течи масла через уплотнительные кольца штока необходимо отвернуть винты сальниковой крышки и снять одну или две компенсационные прокладки, после чего винты крышки вновь затянуть до отказа.

Для устранения возможного нарушения равномерного движения рабочего органа (вследствие попадания воздуха в цилиндр) следует на холостом ходу совершить два-три полных движения поршня (или цилиндра) из одного крайнего положения в другое. Если в конструкции цилиндра предусмотрены воздухопускные краны, удалять воздух надо с их помощью; открывать краны следует тогда, когда из полости цилиндра вытекает масло. Если указанные действия не устраняют неравномерности движения рабочего органа, необходимо установить и устранить причины подсоса воздуха в гидросистеме.

Контрольно-регулирующая и распределительная аппаратура может быть смонтирована блоками на гидропанелях, которые могут объединяться между собой и с устройствами гидропривода жестким или гибким трубопроводом. Разъемные соединения трубопроводов выполняют с применением соединительной арматуры. Особенностью сборки при этом является соблюдение соосности соединяемых трубопроводов.

**Испытание системы трубопроводов на герметичность.** Собранную после ремонта систему трубопроводов и агрегатов проверяют на герметичность. Для проверки герметичности применяют сжатый воздух, воду, керосин и другие жидкости. При испытании сжатым воздухом места возможных утечек обрабатывают мыльным раствором. В случае просачивания воздуха на стыках появляются пузырьки. Отдельные устройства можно проверить на герметичность сжатым воздухом при погружении их в жидкость. При гидравлических испытаниях систему заполняют жидкостью (керосином). Давление в процессе гидравлических испытаний создают сжатым воздухом, величина которого регулируется по манометру. Давление постепенно повышают, следя за состоянием стыков и соединяемых деталей. При наличии дефектов в деталях или в местах соединения на поверхности появляются мелкие капли жидкости. В технической документации на устройство могут быть указаны другие методы проверки на герметичность.

Резьбовые соединения в процессе контроля можно подтягивать только при давлении в системе не более 5 кгс/см<sup>2</sup>.

#### **4.14. МОНТАЖ И НАЛАДКА СИСТЕМЫ ПНЕВМОПРИВОДА**

В пневмоцилиндрах в качестве уплотнений для поршней обычно применяют кожаные угловые манжеты и резиновые V-образные. Кожаные манжеты являются источником больших потерь мощности из-за большой поверхности контакта с цилиндром и ссыхаются при длительных перерывах в работе, нарушая герметичность соединения, что вызывает необходимость периодически ремонтировать пневмоцилиндр, т.е. разбирать для подтяжки или замены уплотнения.

Более надежно в пневмоцилиндрах работают кольца круглого сечения, которые устанавливают в канавки поршня и в сальник штока.

При этом кольца своим сечением, соприкасаясь одновременно с подвижной и неподвижной деталью, принимают вид овала и обеспечивают герметичность с минимальными потерями на трение.

В осевом направлении кольцу обеспечивается определенный зазор, гарантирующий попадание сжатого воздуха в канавку, где оно расположено, для герметизации.

Шероховатость поверхности скольжения должна быть не ниже  $Ra=0,25$  мкм.

Для сокращения потерь сжатого воздуха и повышения быстроты действия привода, пневмораспределители устанавливают ближе к пневматическому исполнительному устройству. Распределители с двусторонним управлением располагают так, чтобы перемещение золотника было горизонтальным. Монтировать пневмоустройства следует таким образом, чтобы направление потока сжатого воздуха совпало со стрелкой на корпусе устройства.

Воздухопроводы прокладывают по кратчайшим расстояниям между соединяемыми устройствами и машинами в местах, доступных для монтажа и обслуживания с минимальным количеством поворотов и пересечений, в местах без резких колебаний температуры окружающей среды, не подверженных сильному нагреванию и охлаждению, возможно дальше от электрооборудования.

Трубопровод при монтаже должен свободно без боковых и осевых усилий соединяться с арматурой, не меняя при этом ни своей конфигурации, ни первоначального положения в свободном состоянии. Крепят воздухопроводы к жестким элементам конструкции.

В целях исключения скопления воды, масла и грязи при монтаже воздухопроводов не допускают образования впадин. Если образование впадин избежать нельзя, то в наиболее низких местах устанавливают устройства для удаления конденсата.

Во избежание скопления конденсата и засорения магистральных воздухопроводов укладывают с уклоном 0,003–0,005 в сторону движения воздуха. Отводы от магистрального воздухопровода располагают сверху, что значительно уменьшает возможность попадания конденсата к потребителю.

При монтаже воздухопровода рядом с воздухораспределительными устройствами (клапанами, кранами, фильтрами и т.п.) устанавливают опоры (скобы, кронштейны).

В процессе эксплуатации пневмосистем необходимо обеспечить:

- контроль содержания загрязнений в сжатом воздухе на соответствие требованиям технической документации;
- своевременное удаление загрязнений из резервуаров аппаратуры подготовки воздуха (фильтров, маслораспылителей), а также замену или очистку загрязненных фильтрующих элементов;
- контроль за работой устройств для внесения смазки;
- проверку герметичности соединений воздухопроводов и уплотнительных устройств не реже одного раза в месяц. Течи устраняют только после полного сброса давления.

Для изготовления трубопроводов пневмосистем следует применять трубы из алюминиевых сплавов, пластмассовые трубки и резиновые рукава, рекомендованные для их условий работы.

Размещение устройств пневмосистемы должно обеспечивать легкий доступ для его обслуживания, замены и ремонта.

Перемещение рабочих органов станков, приводимых в движение пневмоприводами, должно происходить при всех рабочих скоростях, указанных в эксплуатационной документации на станок, без вибрации, резких толчков и остановок.

Реверсирование пневмоприводом направления движения рабочих органов станка должно происходить без ударов. Точность реверсирования и величина перебега должны быть указаны в документации.

Стальные трубопроводы перед монтажом должны быть очищены от грязи, песка, ржавчины и окалина (протравлены кислотой и нейтрализованы или очищены в ультразвуковых установках), тщательно промыты, просушены, смазаны маслом и герметизированы (закрыты пробками).

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>ЧАСТЬ I. СЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Производственные машины и их устройство .....</b>	<b>5</b>
1.1. МЕХАНИЗМЫ, МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ .....	5
1.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ .....	8
1.3. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРЫ, КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА .....	21
1.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД .....	24
1.4.1. Устройство гидробака .....	26
1.4.2. Гидронасосы .....	26
1.4.3. Исполнительные устройства .....	30
1.4.4. Контрольно-регулирующая гидроаппаратура .....	34
1.4.5. Распределительные устройства .....	36
1.4.6. Трубопроводы .....	37
1.4.7. Фильтры .....	38
1.4.8. Гидравлические схемы гидропривода .....	41
1.5. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД .....	42
1.5.1. Устройства подготовки сжатого воздуха .....	44
1.5.2. Исполнительные устройства .....	46
1.5.3. Распределительные устройства .....	47
Принцип работы СЧПУ .....	48
<b>Глава 2. Конструкторская документация .....</b>	<b>54</b>
2.1. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ .....	54
2.2. ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ .....	58
2.2.1. Общие сведения о единой системе допусков и посадок ..	58
2.2.2. Указание на чертежах допусков размеров .....	64
2.2.3. Допуски формы и расположения поверхностей деталей ...	65
2.2.4. Отклонения и допуски расположения .....	69
2.2.5. Указание на чертежах допусков точности деталей .....	69
2.3. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ .....	74
<b>Глава 3. Основные свойства металлов для машин и механизмов .....</b>	<b>76</b>
3.1. ТРЕБУЕМЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ .....	76
3.2. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ .....	77
3.3. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ .....	79
3.4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ .....	89
3.4.1. Термическое упрочнения сталей .....	90
3.4.2. Отпуск и старение .....	93
3.4.3. Поверхностное упрочнение стали .....	94

3.5. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ .....	104
3.5.1. Чугуны. Основные свойства, марки и их применение ..	104
3.5.2. Стали углеродистые. Основные свойства, марки и их применение .....	108
3.6. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, МАРКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ .....	120
3.6.1. Медь и ее сплавы .....	121
3.6.2. Латунь .....	121
3.6.3. Бронза .....	122
3.6.4. Алюминий и его сплавы .....	124
3.6.5. Цинк и его сплавы .....	126
3.6.6. Титан и его сплавы .....	127
3.6.7. Припой .....	129
<b>Глава 4. Основные сведения о процессе изготовления машин .....</b>	<b>130</b>
4.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС. ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС .....	130
4.2. ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	134
4.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ .....	136
4.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ БАЗЫ .....	139
4.5. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ .....	141
4.6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ .....	143
4.7. ЗАТОЧКА ИНСТРУМЕНТА .....	154
4.7.1. Основные сведения .....	154
4.7.2. Заточка сверл .....	158
4.7.3. Правила безопасности при заточке инструмента .....	164
4.8. РАБОЧЕЕ МЕСТО СЛЕСАРЯ .....	164
4.9. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА .....	169
<b>Глава 5. Слесарные работы .....</b>	<b>173</b>
5.1. ОПИЛИВАНИЕ .....	173
5.1.1. Напильники .....	174
5.1.2. Выбор напильников .....	176
5.1.3. Выбор формы поперечного сечения напильника .....	177
5.1.4. Выбор длины напильника .....	178
5.1.5. Размеры и форма ручек .....	179
5.1.6. Приемы опиливания .....	180
5.1.7. Механизированный инструмент .....	183
5.1.8. Уход за напильниками .....	185
5.2. РАЗМЕТКА .....	186
5.2.1. Разметочные плиты .....	186
5.2.2. Оснастка .....	187
5.2.3. Инструмент для разметки и методы работы с ним .....	189
5.3. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ .....	196
5.3.1. Сверление и рассверливание .....	198
5.3.2. Технология и приемы сверления .....	199
5.4. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ .....	205
5.4.1. Инструмент для нарезания резьбы .....	205
5.4.2. Технология и приемы нарезания резьбы вручную .....	212
5.5. РАСПИЛИВАНИЕ .....	214
5.6. ПРАВКА .....	215
5.6.1. Оснастка для правки .....	216
5.6.2. Основные приемы правки металла вручную .....	217
5.6.3. Правка листового металла на вальцах .....	220

5.6.4. Правка закаленных деталей .....	220
5.6.5. Правка прутков и валов .....	221
5.7. ОБРУБКА МЕТАЛЛА .....	225
5.7.1. Инструмент для обрубки .....	226
5.7.2. Рабочий и вспомогательный инструмент общего назначения .....	226
5.7.3. Основные приемы рубки .....	228
5.8. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОКЛАДOK .....	233
5.9. РЕЗКА МЕТАЛЛОВ .....	234
5.10. ГИБКА МЕТАЛЛА .....	244
5.10.1. Основные приемы гибки деталей из полосы .....	247
5.10.2. Основные приемы гибки деталей из труб .....	249
5.10.3. Изготовление цилиндрических пружин .....	251
5.11. ШАБРЕНИЕ .....	255
5.11.1. Шаберы .....	256
5.11.2. Заточка шабера .....	258
5.11.3. Поверочный инструмент .....	260
5.11.4. Способы и приемы шабрения .....	263
5.12. ПРИТИРКА И ДОВОДКА .....	267
5.12.1. Притирочные материалы .....	268
5.12.2. Притиры .....	270
5.12.3. Способы и приемы притирки .....	273
5.13. ПРИГОНКА И ПРИПАСОВКА .....	277

## **ЧАСТЬ II. СЛЕСАРНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ..... 278**

### **Глава I. Трение и износ машин и механизмов при эксплуатации ..... 278**

1.1. ТРЕНИЕ В МЕХАНИЗМАХ .....	278
1.1.1. Основные понятия и законы трения .....	278
1.1.2. Виды трения .....	279
1.1.2.1. Трение скольжения .....	280
1.1.2.2. Трение качения .....	281
1.1.2.3. Жидкостное трение .....	282
1.1.3. Моменты трения .....	283
1.2. ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ В МЕХАНИЗМАХ .....	285
1.2.1. Виды износа .....	285
1.2.2. Способы выражения величины износа .....	288
1.2.3. Учет приработки .....	288
1.2.4. Влияние условий работы на износ деталей .....	289

### **Глава 2. Техническое обслуживание производственного оборудования ..... 294**

2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	294
2.1.1. Обеспечение работоспособности производственного оборудования .....	294
2.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И ТЕКУЩЕМУ РЕМОНТУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, СТАНКОВ И МЕХАНИЗМОВ .....	296
2.2.1. Проверка оборудования на технологическую точность ..	299

2.2.2. Смазка оборудования .....	301
2.2.3. Промывка систем смазки и деталей оборудования .....	306
2.2.4. Очистка масла .....	308
2.3. ЗАТРАТЫ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	310
2.4. АМОТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ .....	312
2.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ .....	314
2.5.1. Мероприятия по технике безопасности .....	314
2.5.2. Противопожарные мероприятия .....	315
<b>Глава 3. Ремонт производственного оборудования .....</b>	<b>316</b>
3.1. ВИДЫ ПЛАНОВЫХ РЕМОНТОВ .....	316
3.2. КАТЕГОРИЯ СЛОЖНОСТИ РЕМОНТА .....	317
3.3. СТРУКТУРА И ПЕРИОДИЧНОСТЬ РАБОТ ПО РЕМОНТУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	320
3.4. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	325
3.4.1. Организация ремонтной службы на предприятии .....	325
3.4.2. Методы организации ремонтных работ .....	326
3.5. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	327
3.6. СЛЕСАРНЫЕ И СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	330
3.6.1. Разборка неподвижных разъемных соединений .....	330
3.6.2. Разборка резьбовых соединений и инструмент .....	331
3.6.3. Разборка подвижных разъемных соединений .....	335
3.6.4. Промывка деталей .....	337
3.6.5. Травление труб и трубопроводов .....	338
3.7. РЕМОНТ И СБОРКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МАШИН, СТАНКОВ И МЕХАНИЗМОВ .....	341
3.7.1. Применение компенсаторов .....	343
3.7.2. Балансировка деталей .....	344
3.7.3. Точность сборки при ремонте производственного оборудования .....	345
3.7.4. Измерения и измерительные инструменты .....	347
3.8. ИСПЫТАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА .....	352
3.8.1. Испытания электрооборудования после ремонта .....	352
3.8.2. Испытания оборудования по нормам на технологическую и геометрическую точность и жесткость .....	354
3.9. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕСАРЯ-РЕМОНТНИКА .....	356
3.10. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ .....	357
<b>Глава 4. Ремонт деталей и сборочных единиц .....</b>	<b>360</b>
4.1. РЕМОНТ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ .....	360
4.1.1. Шлифование базовых деталей .....	360
4.1.2. Шабрение .....	361
4.1.3. Проверка направляющих станины .....	365
4.1.4. Регулировка зазоров в направляющих .....	367
4.2. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ .....	369

4.2.1. Запрессовка втулки в корпус .....	369
4.2.2. Закрепление втулок .....	371
4.2.3. Проверка подшипников .....	372
4.2.4. Разъемные подшипники .....	373
4.3. РЕМОНТ МЕХАНИЗМОВ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ .....	376
4.3.1. Демонтаж подшипников .....	376
4.3.2. Промывка демонтированных подшипников .....	379
4.3.3. Монтаж подшипников .....	380
4.3.4. Посадки подшипников на вал и в корпус .....	382
4.3.5. Регулировка зазоров в подшипниках .....	387
4.3.6. Дуплексация подшипников .....	392
4.3.7. Смазка подшипниковых узлов .....	394
4.4. РЕМОНТ ВАЛОВ И ОСЕЙ .....	395
4.4.1. Восстановительные работы .....	396
4.4.2. Обработка поверхностей деталей со слоем металла, нанесенным металлизацией .....	401
4.4.3. Режимы резания при обтачивании закаленных сталей ...	403
4.5. РЕМОНТ РЕЗЬБОВЫХ, ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	403
4.5.1. Сборка резьбовых соединений .....	404
4.5.2. Ремонт шпоночных соединений .....	406
4.5.3. Сборка шпоночных соединений .....	407
4.5.4. Ремонт шлицевых соединений .....	408
4.6. РЕМОНТ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ .....	408
4.6.1. Ремонт цилиндрических зубчатых передач .....	408
4.6.2. Ремонт конических зубчатых передач .....	412
4.6.3. Ремонт червячных передач .....	414
4.7. РЕМОНТ КЛИНОРЕМЕННЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ .....	415
4.7.1. Клиноременные передачи .....	415
4.7.2. Ремонт цепных передач .....	418
4.8. РЕМОНТ МУФТ .....	419
4.8.1. Упругие пальцевые муфты .....	419
4.8.2. Фрикционные муфты .....	420
4.8.3. Муфты обгона или свободного хода .....	421
4.9. РЕМОНТ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА .....	423
4.9.1. Шатун .....	424
4.10. РЕМОНТ ХОДОВЫХ ВИНТОВ И ПЕРЕДАЧ ВИНТ-ГАЙКА ...	427
4.10.1. Передача винт-гайка скольжения .....	427
4.10.2. Ремонт ходовых винтов .....	429
4.10.3. Передача винт-гайка качения .....	430
4.11. РЕМОНТ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО МЕХАНИЗМА .....	432
4.12. РЕМОНТ УПЛОТНЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ .....	434
4.12.1. Уплотнение неподвижных соединений .....	434
4.12.1.1. Резиновые кольца .....	435
4.12.2. Уплотнение подвижных соединений .....	436
4.12.2.1. Устройства манжетного типа .....	439
4.12.2.2. Шевронные многорядные уплотнения .....	440
4.12.3. Ремонт сальниковых набивок .....	442
4.13. РЕМОНТ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ГИДРОПРИВОДА ....	446
4.13.1. Монтаж и наладка системы гидропривода .....	456
4.14. МОНТАЖ И НАЛАДКА СИСТЕМЫ ПНЕВМОПРИВОДА .....	458