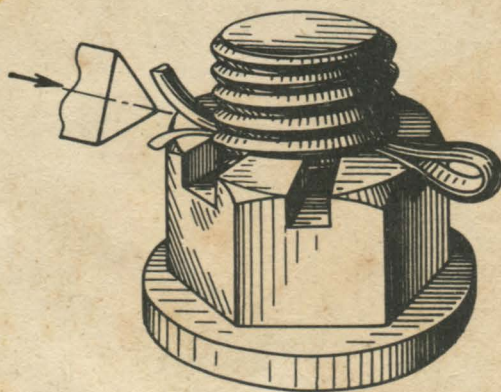


Ю. В. КРЫЛОВ

СЛЕСАРНЫЕ  
И СЛЕСАРНО-  
СБОРОЧНЫЕ  
РАБОТЫ

ДЛЯ  
МОЛОДЫХ  
РАБОЧИХ



ВИДЫ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ  
СБОРКА СОЕДИНЕНИЙ  
МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ  
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СБОРКИ  
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Ю. В. КРЫЛОВ

СЛЕСАРНЫЕ И СЛЕСАРНО-  
СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ



---

Ю. В. КРЫЛОВ

СЛЕСАРНЫЕ  
И СЛЕСАРНО-  
СБОРОЧНЫЕ  
РАБОТЫ



---

ЛЕНИЗДАТ  
1987

34.68  
К85

Рецензенты: инженер *М. С. Сахаров*  
и кандидат технических наук *П. П. Серебряницкий*

Основные направления экономической стратегии партии, выработанные XXVII съездом, предусматривают рост производительности общественного труда, коренное улучшение качества выпускаемой продукции на основе повышения эффективности всех отраслей нашей экономики. До конца нынешнего столетия производительность общественного труда должна возрасти в 2,3...2,5 раза. Для достижения этого рубежа необходим решительный переход к всемерной интенсификации производства на базе научно-технического прогресса, прогрессивных форм управления, организации и стимулирования труда. В Программе КПСС четко отмечена необходимость последовательно проводить линию на значительное уменьшение доли ручных операций, существенное сокращение, а в перспективе — ликвидацию тяжелого физического и малоквалифицированного труда за счет полной механизации и автоматизации производства. Без повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции сегодня невозможно ускорение научно-технического прогресса, а значит, нельзя успешно решить ни одну крупную производственную и социальную проблему.

В современных условиях особая роль в развитии экономики принадлежит машиностроению. Именно эта отрасль промышленности решает задачи главного направления интенсификации производства — создание системы высококачественных и высокопроизводительных машин, отвечающих требованиям сегодняшнего дня.

Среди основных факторов повышения технического уровня машиностроения важное место занимает внедрение высокоэффективных технологических процессов, комплексной механизации и последовательное проведение автоматизации производства. Особенно важно осуществление этих мероприятий в тех производственных процессах, где в настоящее время еще затрачивается ручной труд, недостаточна механизация и ав-

томатизация. К числу таких производственных процессов относится сборка изделий машиностроения.

В структуре технологических процессов производства изделий машиностроения трудоемкость узловой и общей сборки (серийное производство) составляет в среднем около 25...35% всей трудоемкости изготовления машин. Сборка органически связана со всеми предшествующими процессами; при создании же машин высокого качества сборке принадлежит решающая роль. Поэтому сборочным работам на производстве должно уделяться особое внимание.

Совершенствование сборочного производства — это одновременное решение комплекса взаимосвязанных задач. Среди них наиболее важными являются:

- выбор рационального технологического процесса;
- создание конструкций технических средств для его обеспечения;

- внедрение средств механизации и автоматизации труда;
- организация управления процессом.

В настоящее время все большее значение придается вопросам комплексной механизации и автоматизации сборочных работ, особенно необходимых в условиях гибкого переналаживаемого автоматизированного производства.

В развитие экономики страны весомый вклад вносит промышленность Ленинграда. Ряд предприятий города работают в условиях опытного и единичного производства со сложной технологией слесарно-сборочных работ, для которых характерны требования высокого качества и высокой производительности. При этом следует отметить непрерывно повышающуюся сложность изделий машиностроения.

Территориально-отраслевая программа «Интенсификация-90», разработанная Ленинградской областной партийной организацией и одобренная ЦК КПСС, предусматривает повсеместное повышение производительности труда, роста объема производства на основе ускорения внедрения достижений научно-технического прогресса. Решение поставленных задач должно осуществляться путем применения передовых технологий, механизмирующих и автоматизирующих устройств, сокращения ручных операций, совершенствования сборочных процессов. И возможно это лишь при наличии и правильной расстановке кадров на всех уровнях производств.

Подготовке таких кадров в Ленинграде придается первоочередное значение. Непрерывно улучшается подготовка рабочих по профессиям слесарь и слесарь-сборщик, поскольку на предприятиях города и области значительный объем в общей трудоемкости изготовления изделий машиностроения составляют слесарные и слесарно-сборочные работы.

Предлагаемая молодым рабочим книга отвечает требованиям учебных планов и программ для подготовки квалифицированных рабочих по профессии «Слесарь механосборочных работ», утвержденных Госкомитетом СССР по профессионально-техническому образованию.

### **1.1. Изделия машиностроения и их составные части**

Структура изделий машиностроения определена ГОСТ 2.101—68.

*Изделие* — предмет производства, подлежащий изготовлению на предприятии и предназначенный для поставки (реализации).

Изделие машиностроительного предприятия является результатом производственного процесса, представляющего собой совокупность действий, направленных на превращение материалов и полуфабрикатов в законченный вид продукции.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делятся на две группы: а) неспецифицированные, т. е. не имеющие составных частей (детали); б) специфицированные, т. е. состоящие из двух и более составных частей — сборочные единицы, комплексы, комплекты (рис. 1.1).

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

*Сборочная единица* — изделие, составные части которого подлежат сборке (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием и т. п.) на предприятии-изготовителе.

*Комплекс* — два и более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (цех-автомат, бурильная установка и т. д.).

*Комплект* — набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера

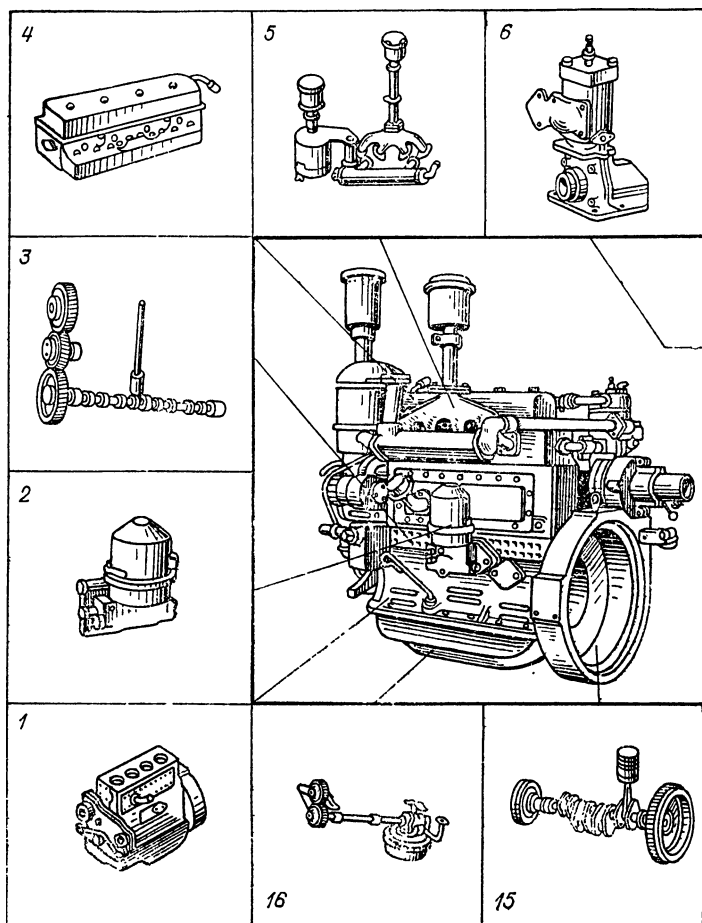


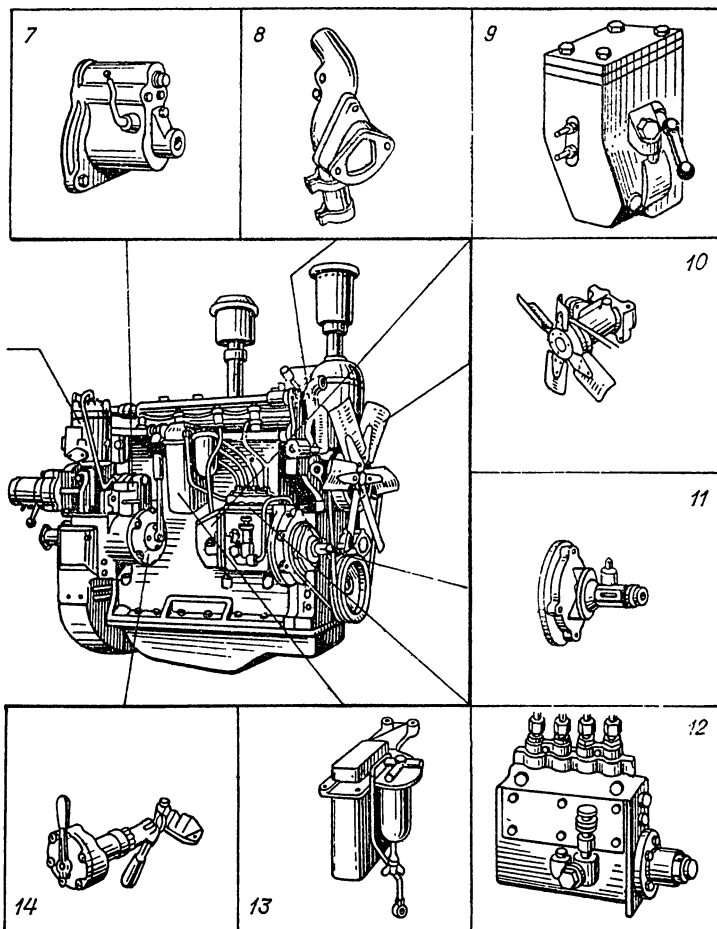
Рис. 1.1. Изделие (дизельный двигатель),  
 1 — блок цилиндров; 2 — фильтр масляный; 3 — механизм газораспределения;  
 пускового двигателя; 8 — термостат; 9 — регулятор топливного насоса; 10 —  
 ный; 13 — фильтр топливный; 14 — механизм передачи пускового двигателя;

(комплект инструмента, комплект запасных частей и т. д.).

На машиностроительных заводах широко используют также понятия группы и подгруппы.

*Группа* — сборочная единица, для которой целесообразна самостоятельная организация производства. В группу (рис. 1.2) входят детали, другие группы и покуп-





его сборочные единицы и механизмы:

4 — головка цилиндров; 5 — газопровод; 6 — двигатель пусковой; 7 — регулятор насос водяной и вентилятор; 11 — привод тахоспидометра; 12 — насос топлив-  
 15 — механизм кривошипно-шатунный; 16 — насос масляный

ные изделия. В свою очередь, группа может включаться в другую группу или непосредственно в изделие.

*Подгруппа* — составная часть группы. Если она входит непосредственно в группу, ее условно называют подгруппой первого порядка, если в подгруппу первого порядка — соответственно подгруппой второго порядка и т. д.

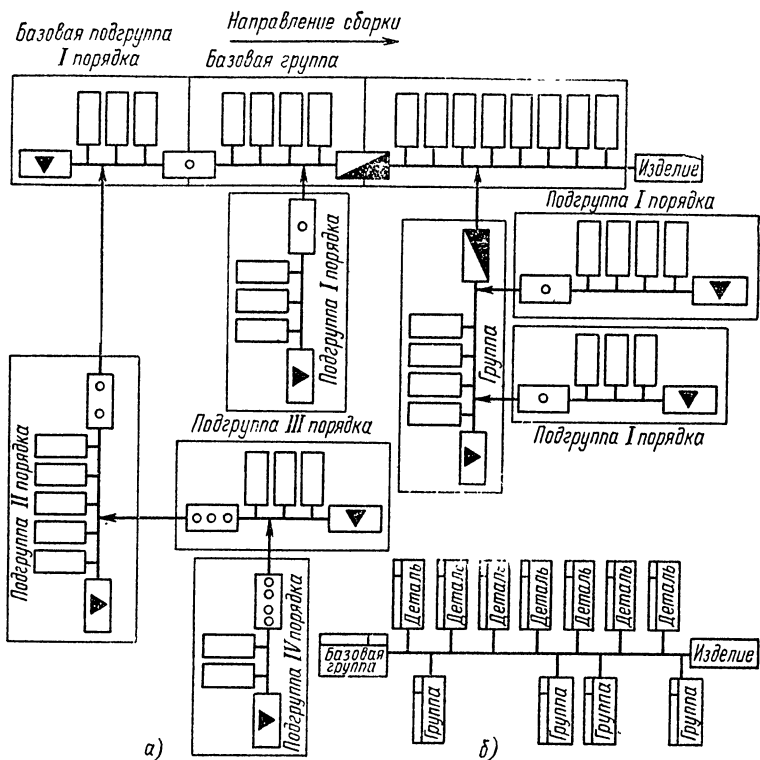


Рис. 1.2. Схема разделения изделия при сборке на группы и подгруппы: а — развернутая схема; б — укрупненная схема

## 1.2. Классификация соединений деталей

В изделиях машиностроения способы соединения деталей разнообразны. Примерно 35...40% соединений в машинах являются цилиндрическими валами-втулками, 15...20% — плоскостными, 15...25% — резьбовыми, 6...7% — коническими, 2...3% — сферическими. Все они характеризуются различными конструктивными, технологическими и экономическими параметрами: степенью относительной подвижности, возможностью разборки, технологичностью сборки и разборки, видом контакта сопрягающихся поверхностей деталей, затратами труда и средств на сборку и т. п.

По конструкции и условиям эксплуатации соединения деталей разделяются на подвижные и неподвижные.

ные. Детали подвижных соединений обладают возможностью перемещения в рабочем состоянии по некоторым траекториям, определяемым кинематической схемой механизма, звеньями которого эти детали являются. Дета-

Таблица 1.1

Виды соединений деталей при сборке

№ поз. рис.	Определение соединений по признакам	
	конструктивным	технологическим
1.	Коническое, неподвижное, разъемное	Механическое
2.	Неподвижное, неразъемное	Заклепочное
3.	По плоскости, неподвижное, разъемное	Механическое
4.	Резьбовое, неподвижное, разъемное	Резьбовое
5.	Подвижное разъемное	Механическое
6.	Вал-втулка, неподвижное, неразъемное	Прессовое
7.	По плоскости, подвижное, разъемное	Механическое
8.	По плоскости, неподвижное, неразъемное	Сварное
9.	По плоскости, неподвижное, по сфере, разъемное	Механическое
10.	Вал-втулка, подвижное, разъемное	Механическое
11.	По плоскости, неподвижное, неразъемное	Осуществляемое гибкой
12.	Неподвижное, неразъемное	Паяное
13.	Неподвижное, неразъемное	Вальцовочное
14.	Неподвижное, неразъемное	Клеевое

ли неподвижных соединений в рабочем состоянии перемещаться не могут.

Подвижные и неподвижные соединения в зависимости от возможности их демонтажа подразделяются на разъемные (свободно разбираемые) и неразъемные (не-

разбираемые). Число разъемных соединений в современных машинах достигает 65...85%. При этом под разъемными (демонтируемыми) соединениями подразумевают лишь те, которые могут быть полностью разобраны без повреждения соединяющих и скрепляющих их деталей (табл. 1.1).

По технологии изготовления соединения подразделяют на резьбовые, пресовые, заклепочные, вальцовочные, сварные, паяные, клееные, осуществляемые гибкой.

Соединения, полученные простым сопряжением деталей без выполнения каких-либо операций, называются механическими. Существуют и другие классификации, например учитывающие характер деформации при соединении деталей, форму соединяемых деталей, вид контакта между деталями и т. д.

### **1.3. Точность сборочных соединений**

**Базы.** Предусмотренное конструкцией положение любой детали в машине или механизме обеспечивается при сборке точностью ее установки, характеризуемой неизменным сохранением соответствующего контакта сопряженных (соприкасающихся) поверхностей, т. е. базированием. Вопросы базирования определены ГОСТ 21495—76.

Элементы детали (базы), обеспечивающие определенность ее положения относительно элементов других деталей, являются основными базовыми элементами. Например, это отверстие и торец зубчатого колеса, устанавливаемого на вал (рис. 1.3). Элементы сопрягаемых деталей, соответствующие основным базовым элементам, называются вспомогательными базами. Так, поверхности вала будут вспомогательными базами для зубчатого колеса, а поверхность вала под втулку — основной базой для отверстия втулки. Следовательно, при сборке основные базы одной детали опираются на вспомогательные базы другой.

Основные и вспомогательные базовые поверхности в совокупности образуют сопряжения, а при достижении силового замыкания — соединения.

В сборочной единице обычно выделяют так называемые базовые детали. Это — детали, имеющие базовые поверхности и выполняющие в сборочной единице роль соединительного звена, обеспечивающего при сборке соответствующее положение других. Если сборочными элементами являются уже собранные группы, то та из

них, которая удовлетворяет указанным выше требованиям (для базовой детали), называется базовой группой.

В деталях различают также сопрягающиеся (функциональные) поверхности (зубья колес, поверхность резьбы в винтовых механизмах, рабочие поверхности шкивов и т. п.) и несопрягающиеся поверхности.

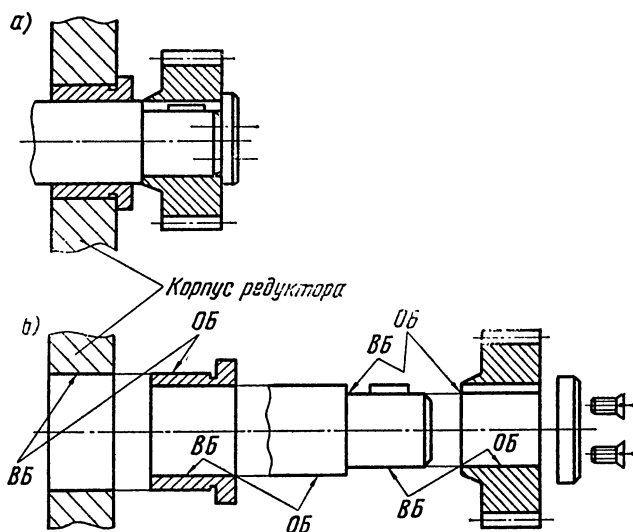


Рис. 1.3. Базы сопрягаемых деталей: а — собранный узел; б — элементы (детали); ОБ — основная база; ВБ — вспомогательная база

**Точность сборки.** Точностью сборки называют степень совпадения материальных осей контактирующих поверхностей или иных элементов сопрягающихся деталей с положением их условных прототипов, определяемым соответствующими размерами на чертеже.

Выполнение машиной или механизмом определенных функций в значительной мере зависит от достигнутой при сборке точности относительного движения исполнительных поверхностей сборочных единиц, деталей и их соединений. Под исполнительными поверхностями при этом подразумевают те поверхности (или их сочетания), с помощью которых машина или механизм осуществляют свое служебное назначение.

Несмотря на чрезвычайно широкое функциональное разнообразие машин, точность их определяется общими

основными показателями. Это — точность относительно движения исполнительных поверхностей, точность геометрических форм этих поверхностей и расстояний между ними, точность их относительных поворотов. Эти показатели относятся также к сборочным единицам и деталям машин.

Результирующие характеристики собираемого изделия в большой степени определяются погрешностями, допущенными при его сборке. Чаще всего это возникающие в соединениях зазоры, силы упругости и трения, гидравлическое давление, деформации, нарушения жесткости элементов при затяжке и т. д. Большое значение для обеспечения точности сборки имеет характер базирования. В изделии должна быть обеспечена неизменность базирования деталей (узлов) и постоянство контакта сопрягаемых поверхностей. Последнее, как известно, достигается соответствующей конструкцией сборочных единиц, силовым замыканием сопрягаемых деталей.

Размерный анализ в технологии сборки. Степень подвижности (неподвижности) деталей, образующих сопряжение, в наибольшей степени зависит от их относительных размеров. Особенно трудно при сборке выдержать (обеспечить) оптимальный зазор (или натяг), если он является зависимым от размеров нескольких деталей, каждая из которых изготавливается в пределах определенного допуска. Следует иметь в виду, что чем больше деталей изделия изготавливается с большими допусками, тем оно менее трудоемко.

При сборке нескольких деталей почти всегда одна из них является замыкающим звеном в так называемой размерной цепи соединения. При заданных допусках точность изготовления этой детали должна быть строго определенной, чтобы обеспечить в соединении заданный зазор (или натяг) в требуемых пределах. Поэтому при проектировании изделия выполняется так называемый размерный анализ, в задачу которого входит изыскание наиболее рационального метода достижения требуемой точности машины или ее составных частей, изучение взаимосвязи сборочных единиц, разработка последовательности их комплектации. Этот анализ базируется на теории и практике решения размерных цепей.

Размерный анализ соединений приходится часто выполнять и в процессе производства изделия: при определении возможностей суммарной погрешности и оцен-

ке точности сборки, при определении размеров и допусков деталей, играющих роль компенсаторов при сборке по методу групповой взаимозаменяемости, при обработке изделия на технологичность и т. д.

Точность замыкающего звена размерной цепи может обеспечиваться полной, неполной или групповой взаимозаменяемостью, пригонкой или регулировкой. При этом использование того или иного метода должно обосновываться в каждом конкретном случае экономическими расчетами.

При полной взаимозаменяемости сборка соединения осуществляется любыми, годными деталями, причем каждая из них может быть в любой момент заменена без нарушения заданной точности (качества) соединения. Этот метод дает определенные преимущества при сборке в автоматизированном производстве, но он экономичен лишь в том случае, когда высокая точность достигается посредством размерных цепей с небольшим числом звеньев, а также при значительных объемах производства. При полной взаимозаменяемости размеры сопрягаемых деталей, как правило, выполняются с высокой степенью точности. Средний допуск на их изготовление составляет:

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\delta_{\text{зам}}}{m-1},$$

где  $\delta_{\text{зам}}$  — допуск замыкающего звена;  $m$  — общее число звеньев.

В серийном производстве изделия со сборкой с полной взаимозаменяемостью деталей, как правило, очень трудоемки. Обычно это изделия, взаимозаменяемость деталей у которых вызвана конструкторско-эксплуатационными требованиями.

При неполной или групповой взаимозаменяемости готовые к сборке детали сортируют в пределах указанных допусков на несколько размерных групп, после чего производят сборку, используя группы деталей с уже значительно меньшими допусками. Иными словами, детали выбирают с такими размерами, чтобы зазор или натяг в каждой данной паре (в совокупности нескольких деталей) находился в более узких пределах, чем тот, который можно достичь при соединении произвольно взятых деталей. Указанный метод позволяет обеспечить в процессе сборки заданную точность при расширенных допусках на размеры деталей, что уменьшает

трудоемкость их изготовления. Однако при этом процесс сборки усложняется, так как необходимо делать отбор деталей по сопрягаемым размерам.

Средний допуск деталей при неполной взаимозаменяемости составляет:

$$\delta'_{\text{ср}} = \frac{\delta_{\text{д.iam}}}{t\lambda_{\text{ср}} \sqrt{m-1}},$$

где  $t$  — процент риска;  $\lambda_{\text{ср}}$  — среднее относительное среднеквадратичное отклонение.

Среднее значение допуска при неполной взаимозаменяемости больше, чем при полной, что экономически выгоднее. Однако здесь часть деталей (иногда до 30...40%) остается без применения, так как их сопрягаемые размеры не отвечают установленным требованиям точности.

При сборке по методу пригонки необходимая точность в сопряжении достигается изменением размера одной из деталей узла путем слесарной или механической обработки. Этот метод имеет ряд недостатков.

Пригоночные работы в ряде случаев требуют больших затрат времени, трудно поддаются учету, нередко являются причиной неудовлетворительного качества сборки. Кроме того, операции пригонки, в частности связанные со снятием стружки, приводят к загрязнению ранее собранных и установленных сборочных единиц, вызывая необходимость их промывки, а нередко и разборки.

При использовании метода регулировки на сборочных операциях в цепь деталей собираемого узла вводится дополнительное звено-компенсатор, имеющий определенные размеры. С его помощью можно регулировать линейные размеры в плоских размерных цепях с параллельными звеньями, или угловые размеры, а также устранять влияние несоосности. На практике применяются цельные неподвижные компенсаторы, комплекты компенсирующих прокладок как одинаковой, так и разной толщины. Наличие компенсаторов увеличивает число деталей в машине, но это обычно не повышает ее стоимости, так как благодаря компенсирующим устройствам ускоряется сборка и снижаются затраты на механическую обработку. Применение компенсаторов позволяет изготавливать детали по значительно расширенным допускам, добываясь при этом весьма высокой точности сборки.



## 1.4. Подготовка деталей к сборке

**Пригоночные работы.** С целью достижения необходимой точности соединений в процессе их сборки некоторые сопрягающиеся поверхности деталей подвергаются ручной или механической обработке.

В результате пригоночных работ деталь оказывается выполненной по месту, т. е. годной для данной сборочной единицы.

Процесс пригонки состоит из двух этапов: определения величины погрешности и снятия излишнего металла. Продолжительность пригонки обычно трудно нормировать, так как величина погрешности, которая должна быть устранена для различных сборочных единиц, переменна. Поэтому и время пригонки изменяется в широких пределах.

Основной путь уменьшения пригоночных работ — повышение технологичности конструкций, применение подвижных компенсаторов, улучшение организации и техники контроля деталей в обрабатывающих цехах. Трудоемкость пригоночных работ в современном производстве еще очень велика. Так, например, при сборке крупных кузнечно-прессовых машин (мелкосерийное производство) трудоемкость пригонки плоскостей составляет 17...28%, пригонки внутренних цилиндрических поверх-

Таблица 1.2

**Шероховатость и точность сопряжений,  
обеспечиваемые различными видами пригоночных работ  
(способами обработки)**

Способ обработки	Параметр шероховатости, мкм, ГОСТ 2789—73		Точность, качества, ГОСТ 24643-81
	$R_z$	$R_a$	
Сверление	25...10		10...13
Зенкерование:			
черновое	25	6,3	9...12
чистовое		6,3...0,4	8...9
Развертывание:			
точное		6,3...0,4	8...9
тонкое		3,2...0,1	6...7
Шлифование:			
предварительное		6,3...0,4	8...9
чистовое		3,2...0,2	6...7
Притирка		0,8...0,1	5...6
Шабрение		0,5...0,2	6...7

ностей — 6...7%, различных доделочных операций — 7...14% от общей трудоемкости сборочных работ.

Наиболее распространены следующие виды пригоночных работ (способы обработки): опилование, зачистка, притирка (доводка), полирование, шабрение, сверление отверстий по месту, развертывание отверстий, подторцовывание, гибка.

Шероховатость поверхности и точность сопряжений, обеспечиваемые различными видами пригоночных работ, приведены в табл. 1.2.

Очистка и мойка. Чистота деталей и сборочных единиц — одно из основных условий достижения высокого качества сборки изделий и их долгой безаварийной работы. Очистка и мойка деталей

особенно важны для непрягаемых поверхностей, которые должны быть подготовлены для грунтовки с последующей покраской или для покрытий. Только чистая сухая поверхность обеспечивает высокую антикоррозионную стойкость детали при ее эксплуатации или длительном хранении. Очистка и мойка — трудоемкие операции, требующие до 10% времени, затрачиваемого на изготовление детали.

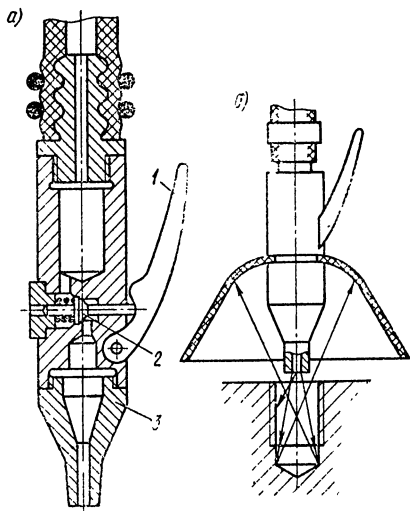


Рис. 1.4. Наконечники для обдувки деталей сжатым воздухом

Очистка — удаление крупных слоев загрязнений (антикоррозионной смазки, краски, ржавчины, окалины, песка и т. д.). Она производится обычно механическим путем — скребками, приводными и ручными щетками. Возможна очистка обдувкой — струей сжатого воздуха.

Обдувка деталей сжатым воздухом обычно производится перед каждой сборочной операцией. Особенно тщательно продуваются отверстия, пазы, закрытые полости, где легче всего задерживается пыль, грязь, остатки стружки и моющих жидкостей.

Для удобства обдувки к рабочему месту сборщика должна быть подведена труба от центральной воздушной магистрали, заканчивающаяся гибким шлангом со специальным наконечником (рис. 1.4, а). При нажатии на курок 1 клапан 2 приподнимается с седла, и воздух из шланга направляется через сопло 3 на обдуваемую деталь. В соответствии с требованиями техники безопасности труда на наконечник необходимо крепить резиновый отражатель (рис. 1.4, б). Ряд сборочных единиц целесообразно обдувать на приспособлениях, позволяющих направлять поток воздуха в труднодоступные для очистки места (рис. 1.5).

Мойка — удаление небольших загрязнений и жировых пленок посредством моющих средств. Существуют следующие виды мойки: химическая, электрохимическая, ультразвуковая, с использованием электрогидравлического эффекта.

*Химическая мойка* ведется в промывочных шкафах или в специальных моечных машинах. При струйной мойке давление струи должно составлять до  $14,7 \cdot 10^4$  Па (0,7...1,5 кгс/см<sup>2</sup>). Процесс химической мойки условно включает следующие этапы: механическое воздействие жидкости, смачивание, температурное воздействие, адсорбирование и смыв. Состав моющих жидкостей при этом играет важную роль. Они должны разлагать различные загрязнения и пленки, превращая их в растворимые элементы, препятствовать повторному осаждению растворенных примесей на поверхность.

В качестве моющих жидкостей для мойки могут быть использованы органические растворители — керосин, бензин, спирт, уайт-спирит, бензин в смеси со спиртом — для жировых и механических загрязнений; ацетон, ацетон со спиртом — для смол и нитроэмалей. Применяются также водные растворы щелочей и синтетических поверхностно-активных веществ. При очень тща-

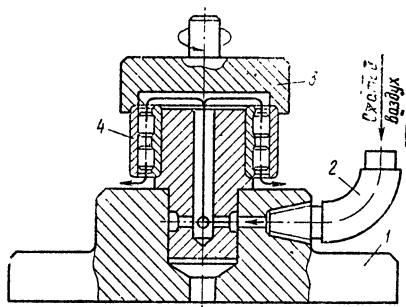


Рис. 1.5. Приспособление для обдувки сборочной единицы:

1 — основание приспособления; 2 — шланг для подвода воздуха; 3 — крышка; 4 — сборочный элемент (подшипник на ступице)

тельной мойке используют жидкий фреон. Температура органических растворителей при мойке — не более 303 К (30 °С), водных растворов — 318...333 К (45...60 °С).

Электрохимическая мойка выполняется в спокойном или принудительно возбуждаемом электролите (рис. 1.6). При этом происходит механическое и химическое воздействие потоков жидкости на деталь, а также ка-

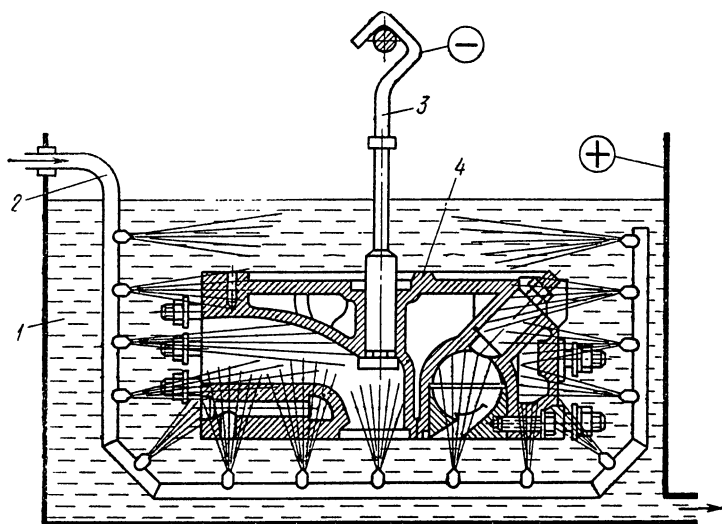


Рис. 1.6. Схема электрохимической мойки сборочной единицы: 1 — ванна с электролитом; 2 — трубопровод для подвода электролита для создания возбуждения электролита ванны; 3 — подвеска; 4 — промываемый узел

тодная поляризация, что в совокупности интенсифицирует процесс мойки.

Ультразвуковая мойка используется при необходимости особенно тщательной очистки деталей. В моющей среде возбуждаются ультразвуковые колебания, в результате чего образуются кавитационные пузырьки, механически воздействующие на загрязненную поверхность. Возникающие при этом ударные волны интенсивно разрушают слои загрязнений, покрывающие поверхность деталей. Мойка в ультразвуковой ванне продолжается 1...5 мин в зависимости от конфигурации детали и ее загрязненности. Затем детали (сборочные единицы) промывают в горячей и холодной воде и просушивают.

---

### **2.1. Разметка**

Разметкой называется операция нанесения на обрабатываемую поверхность разметочных линий (рисок). Основное назначение разметки заключается в указании границ, до которых следует обрабатывать заготовку в механическом цехе или на слесарном участке. Разметка играет важную роль в единичном, опытном, мелкосерийном производстве, она также необходима в инструментальных цехах при изготовлении различных шаблонов, штампов, приспособлений. В крупносерийном и массовом производстве, где используются специальные приспособления, кондуктора, комбинированные инструменты (например, наборы фасонных фрез), станки с ЧПУ, надобность в разметке отпадает. При сборочных работах разметочные линии в ряде случаев применяют для установки и выверки сопрягаемых (соединяемых) деталей.

Разметка разделяется на плоскостную и пространственную (объемную).

*Плоскостная разметка* используется для геометрических построений, указания границ контура детали и межосевых расстояний отверстий на плоских поверхностях заготовок. В этих случаях риски наносятся только на одной плоскости. Погрешность размеров при плоскостной разметке колеблется от 0,2 до 0,5 мм.

Инструмент и приспособления, применяемые при разметке, объединяются в три основные группы: 1) инструмент для нанесения и накернивания рисок — чертилки, рейсмасы, штангенрейсмасы (рис. 2.1), пружинные циркули (рис. 2.2), разметочные штангенциркули, кернеры (рис. 2.3); 2) инструмент для нахождения цен-

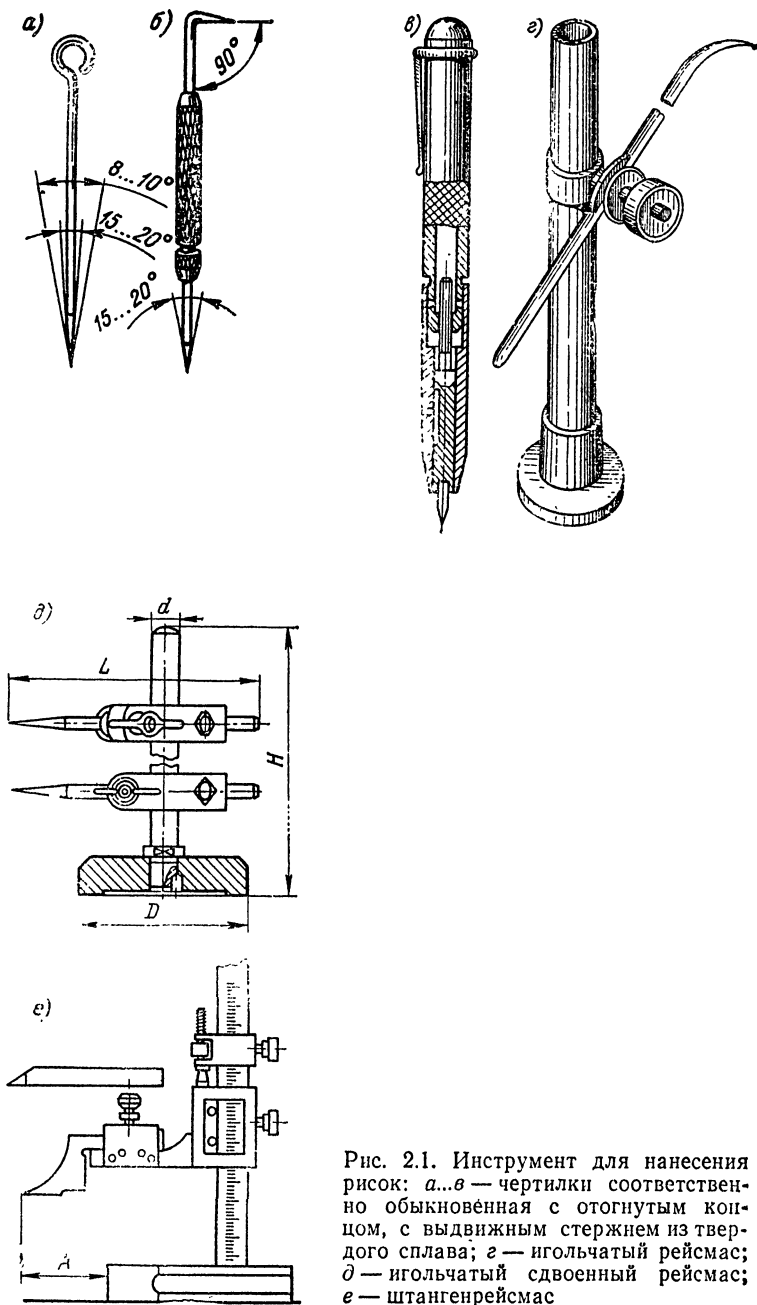


Рис. 2.1. Инструмент для нанесения риска: а...в — чертилки соответственно обыкновенная с отогнутым концом, с выдвигаемым стержнем из твердого сплава; г — игольчатый рейсмас; д — игольчатый двоянный рейсмас; е — штангенрейсмас

тров деталей — кернер-центроискатель, угольник-центроискатель, транспортир-центроискатель, специальные приспособления для разметки деталей с большими от-

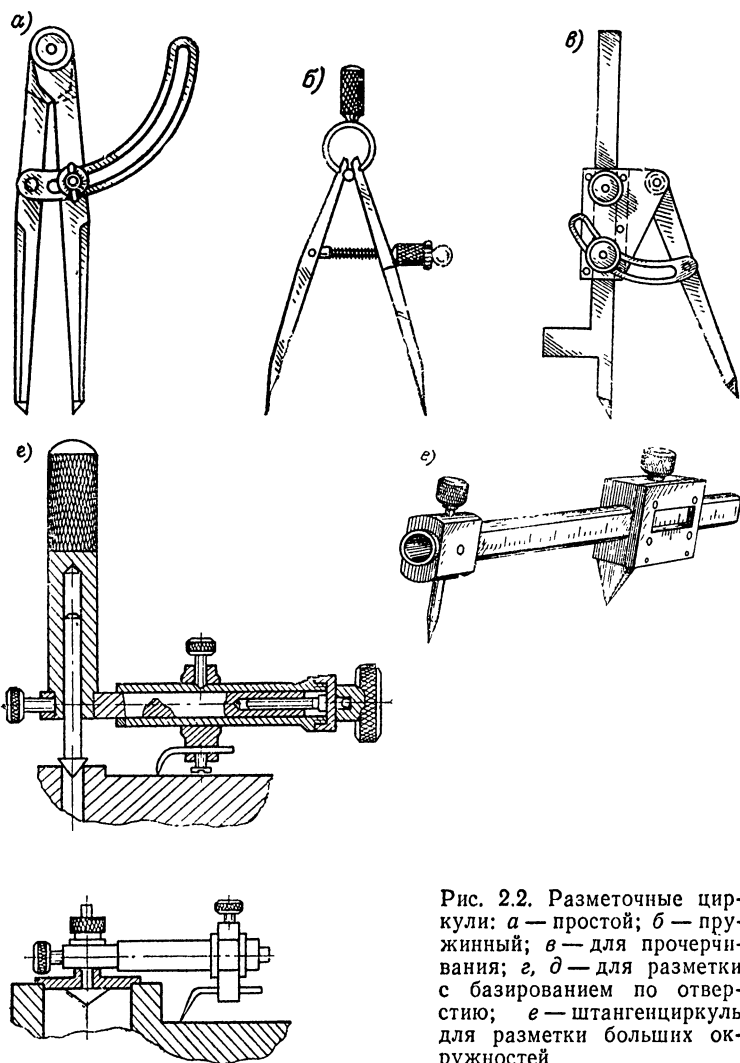


Рис. 2.2. Разметочные циркули: а — простой; б — пружинный; в — для прочерчивания; г, д — для разметки с базированием по отверстию; е — штангенциркуль для разметки больших окружностей

верстиями; 3) приспособления для размечаемых заготовок — подкладки, домкраты, поворотные приспособления, вертикальные стойки для измерительных линеек,

дополнительные плоскости к разметочной плите, дели-  
тельные приспособления и центровые бабки.

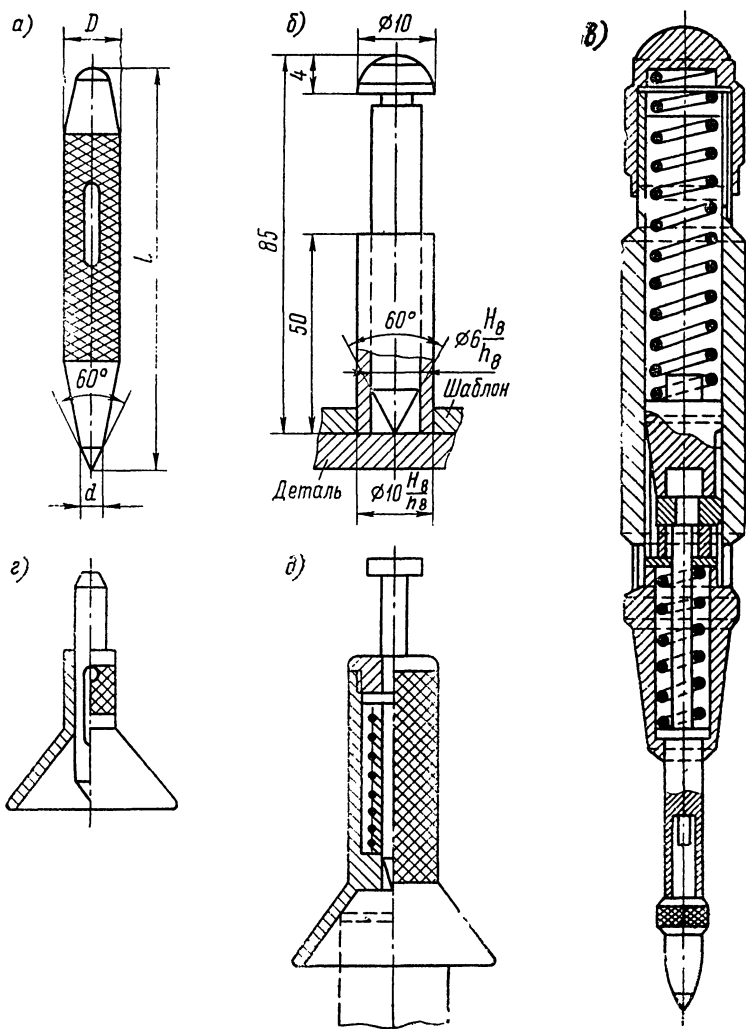
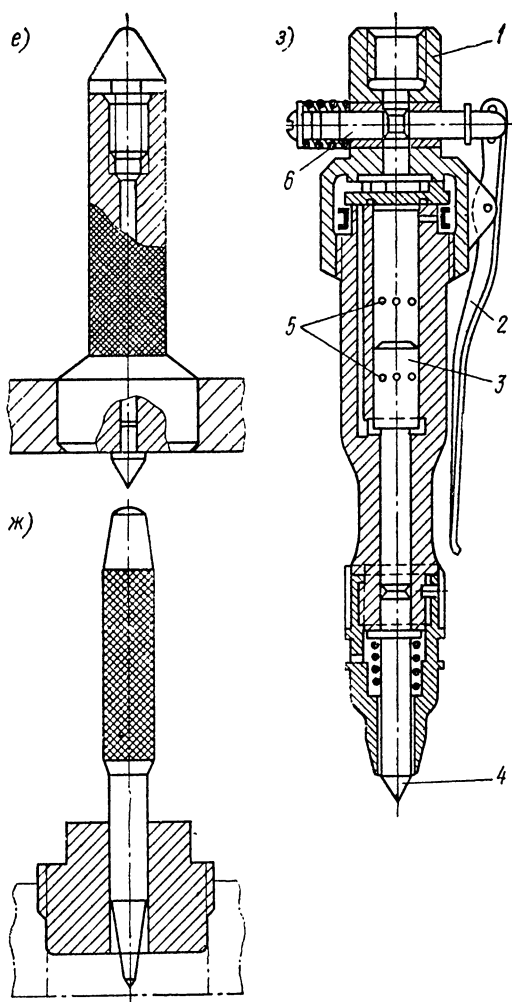


Рис. 2.3. Кернеры: а — простой; б — для разметки по шаблону, в —  
зой по отверстию; г — пневматический  
1 — штуцер для подвода воздуха; 2 — рукоятка; 3 — боек; 4 — кернер; 5 —

Разметочные работы выполняют на разметочных  
плитах, которые отливают из серого чугуна. Они имеют



коробчатую форму и снабжены внутри ребрами жесткости. Верхнюю рабочую поверхность и боковые стороны



автоматический пружинный; з, д — с центроискателем; е, ж — с ба-  
 отверстия для выпуска воздуха; б — кран

точно обрабатывают и затем шабруют. Поверхность плиты всегда должна быть сухой и чистой. После работы

плиту протирают тряпкой, смазывают маслом и накрывают деревянным щитом-крышкой. Размечаемые заготовки нельзя передвигать по плите, иначе на них могут появиться царапины и забоины. Плиты размещают на кирпичных фундаментах в наиболее светлой части помещения слесарного участка (под световым фонарем с вертикальным падением световых лучей) в местах, где отсутствует вибрация от работающих станков.

*Подготовка заготовок к разметке.* Перед разметкой заготовку очищают от пыли, окалины, коррозии стальной щеткой, шлифовальной шкуркой и т. п. Затем измеряют ее размеры и сравнивают их по чертежу с окончательными размерами детали. Намечают последовательность разметки (установку заготовки на плите, ее выверку в горизонтальной и вертикальной плоскостях). Определяют поверхность (базу) заготовки, от которой следует откладывать размеры при разметке (основание детали, отверстие, ось симметрии и т. п.). Наконец, готовят поверхности заготовки к окрашиванию. Заготовки из листового, полосового и круглого материала обязательно должны быть отрихтованы на специальной плите ударами молотка через гладилку или под прессом.

*Окрашивание поверхностей* заготовок производят различными составами. Чисто обработанные напильником, шлифовальной шкуркой или иным способом поверхности окрашивают раствором медного купороса. После его высыхания на поверхностях остается тонкий слой меди, на который хорошо наносятся разметочные риски.

Для окрашивания применяют также быстросохнущие лаки и краски. Мелкие заготовки окрашивают, держа их в левой руке в наклонном положении. Необработанные заготовки, полученные путем отливки,ковки или штамповки, после очистки их от окалины или формочной земли покрывают мелом, разведенным в воде до густоты молока. Чтобы раствор был прочнее и быстро высыхал, в него добавляют жидкий столярный клей и сиккатив.

Окраску следует проводить на специальных стеллажах или на полу у разметочной плиты. У крупногабаритных заготовок достаточно окрашивать лишь те места, на которые необходимо нанести разметочные риски. Если заготовки имеют отверстия, проемы, зевы и т. п., то в них забивают деревянные бруски или планки с пластинками из белой жести, латуни или свинца, на которых размечают центровые отверстия.

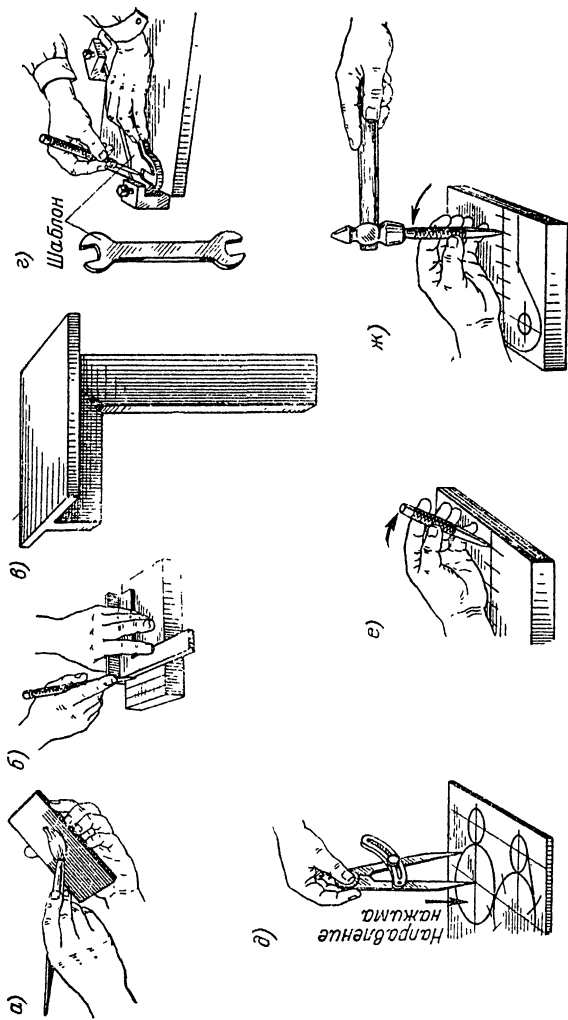


Рис. 2.4. Приемы плоскостной разметки: а — нанесение краски на заготовку; б — нанесение рисок с помощью угольника; в — угольник с полкой; г — разметка по шаблону; д — разметка окружностей и дуг; е, ж — накернивание размеченных линий (рисок)

*Приемы плоскостной разметки* (рис. 2.4.). Разметочные линии наносят в следующем порядке: сначала проводят все горизонтальные риски, потом — все вертикальные, затем — наклонные и последними — окружности, закругления и сопряжения. Если базой являются центровые риски, то разметку начинают с них. Вычерчивание дуг последними дает возможность проверить точность расположения прямых линий: если линии нанесены точно, дуга замкнет их и сопряжение получится плавным. Разметка закончена, если изображение на плоскости заготовки полностью соответствует чертежу.

Прямые линии наносят чертилкой, которая должна быть наклонена в сторону от линейки. Линейку или угольник плотно прижимают к заготовке левой рукой и чертилкой проводят риски, не прерывая движения. Риски наносят только один раз, чтобы не получилось раздвоения. Если риска не получилась, ее закрашивают и проводят вновь. Разметку параллельных, перпендикулярных и наклонных рисок, деление углов и окружности на равные части, построение сопряжений и овалов выполняют по методам, применяемым при черчении.

Для партии одинаковых деталей применяют разметку по шаблонам. Шаблоны изготавливают из листовой стали. Его конфигурация и размеры должны точно соответствовать детали. При разметке шаблон накладывают на подготовленную поверхность, а затем чертилкой обводят его контур.

Отыскание центров окружностей осуществляют с помощью центроискателей и центронаметчиков.

**Кернение разметочных рисок.** После разметки линии накернивают. Делается это для того, чтобы они не стерлись при обработке заготовки и чтобы при последующем сверлении имелось центровое отверстие для предварительного направления сверла. Керны (конусные углубления) выполняют неглубокими, они должны разделяться разметочной риской пополам.

Кернер берут тремя пальцами левой руки, ставят, слегка наклоняя от себя, острием на разметочную риску так, чтобы оно располагалось строго на середине риски. Затем кернер быстро ставят перпендикулярно размечаемой плоскости и наносят по его головке легкой удар разметочным молотком массой 100...200 г. В такой последовательности наносят керны по всем разметочным рискам. На длинных рисках расстояние между двумя соседними углублениями должно быть 25...30 мм, на коротких — 10...15 мм, на закруглениях, сопряжениях и

других криволинейных участках — 5...10 мм. Линии малых окружностей накернивают в четырех взаимно перпендикулярных точках, линии больших окружностей — в 6...8 местах. На пересечениях и сопряжениях накернивание рисок обязательно.

Пространственная разметка производится на поверхностях объемных заготовок, расположенных в плоскостях под различными углами друг к другу. По своим приемам пространственная разметка существенно отличается от плоскостной. Трудность пространственной разметки заключается в том, что здесь требуется не только размечать отдельные поверхности заготовки, но и увязывать эту разметку между собой. При такой разметке необходимо выбрать базовую поверхность, относительно которой можно было бы разметить наибольшее количество осей и плоскостей, установить главные оси заготовки, количество ее положений на плите и последовательность разметки.

Пространственную разметку производят на разметочной плите. Заготовку устанавливают таким образом, чтобы каждая плоскость или ось детали была параллельна или перпендикулярна общей плоскости разметочной плиты. Для установки и выверки заготовки на разметочной плите используют различные призмы, опорные подкладки, домкраты, разметочные кубики и специальные (часто поворотные) приспособления.

*Выбор базовой поверхности* при разметке зависит от конструктивных особенностей и технологии изготовления детали. При этом руководствуются следующими правилами: у заготовок с уже обработанными плоскими поверхностями установочной базой является наибольшая обработанная поверхность; у цилиндрических заготовок или заготовок с отверстиями — плоская поверхность, параллельная оси, или оси отверстия; у заготовок, наружные и внутренние поверхности которых еще не обработаны, — наружная поверхность; у заготовок с частичной обработкой — необрабатываемая поверхность.

*Подготовка к разметке* включает очистку поверхности заготовки, установку деревянных пробок в отверстия (проемы, пазы) с обоих концов, окраску размечаемых мест меловым раствором на необработанных поверхностях и раствором медного купороса на обработанных поверхностях.

При установке заготовки на плите первое ее положение выбирают так, чтобы было удобно начать разметку

от выбранной базы, параллельной плоскости разметочной плиты. Требуемого положения добиваются с помощью подкладок, клиньев, домкратов или угольников, разметочных ящиков, призм. Заготовка должна быть установлена прочно, без качания.

*Приемы пространственной разметки* в основном совпадают с приемами проекционного технического черчения. При нанесении разметочных линий заготовка остается неподвижной. Риски проводятся с одного раза. Сначала наносят все горизонтальные риски со всех четырех или двух противоположных сторон заготовки, затем вертикальные и наконец — все окружности, дуги, сопряжения, фасонные и наклонные линии.

Параллельно основным разметочным рискам на расстоянии 5...7 мм проводят контрольные риски, которые служат для проверки установки заготовки на станке при дальнейшей ее обработке.

Разметка вертикальных рисок может быть выполнена тремя способами: 1) с помощью угольника без перекантовки заготовки; 2) рейсмасом или штангенрейсмасом при повороте заготовки на 90°; 3) с применением разметочных ящиков, призм и угольников, на которых скобами, струбцинами или прижимами закреплены заготовки.

Кернение рисок при пространственной разметке производят так же, как и при плоскостной разметке.

## **2.2. Правка, гибка, рубка и резка металла**

**П р а в к а** — слесарная операция, предназначенная для устранения искажений формы заготовки (вмятин, выпучиваний, волнистости, коробления, искривления т. п.) путем пластического деформирования. Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. Правку можно выполнять ручным способом на стальной или чугунной плите или на наковальне. Машинную правку производят на прессах и правильных вальцах.

Для правки применяют: молотки из мягких материалов (медь, свинец, дерево) с круглым полированным бойком (квадратный боек оставляет следы в виде заборин); гладилки и поддержки (металлические или деревянные бруски) для правки тонкого листового и полосового металла; правильные бабки для закаленных деталей с фасонными поверхностями.

Кривизну заготовок проверяют на глаз по зазору между плитой и уложенной на нее заготовкой. Изогнутые места отмечают мелом. Наиболее проста правка металла, изогнутого по плоскости. В этом случае молотком или кувалдой наносят сильные удары по наиболее выпуклым местам, уменьшая силу удара по мере их выпрямления. При этом периодически заготовку поворачивают с одной стороны на другую. Более сложной является правка металла, изогнутого по ребру. Здесь прибе-

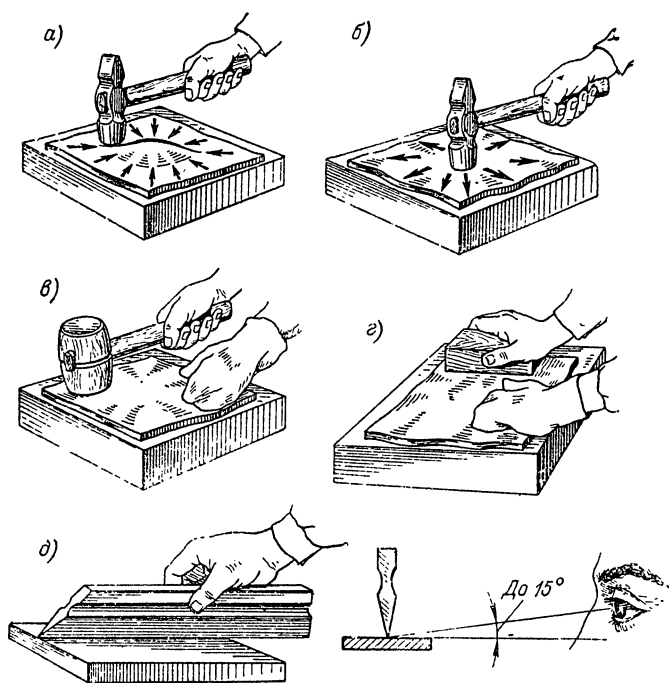


Рис. 2.5. Приемы правки листового материала

гают к растяжению части заготовки. Правку металла, имеющего скрученный (спиральный) изгиб, рекомендуют производить методом раскручивания. Для этого один конец заготовки зажимают слесарными тисками, а другой — ручными тисочками. Затем рычагом кривизну выпрямляют. Результаты правки проверяют на глаз, а более точную проверку проводят на разметочной или контрольной плите по просвету.

Правка листового материала — сложная операция.

Она зависит от вида деформирования заготовки (выпуклости или вмятины в середине листа, волнистости краев и кромок, одновременно выпуклости и волнистости кромок и т. п.). На заготовке предварительно обводят мелом или карандашом волнистые участки, затем ее кладут на плиту выпуклостью вверх так, чтобы заготовка лежала всей поверхностью на плите. Придерживая лист левой рукой в рукавице, правой наносят удары молотком от края листа по направлению к выпуклости (как показано стрелками на рис. 2.5, а). По мере приближения к выпуклости удары должны быть слабее и чаще. Во время правки лист поворачивают в горизонтальной плоскости так, чтобы удары равномерно распределялись кругом по всей площади заготовки. При наличии нескольких выпуклостей удары наносят в промежутке между ними, вследствие чего лист растягивается и все выпуклости сводятся в одну, которую и выправляют указанным выше способом. Если лист имеет волнистость по краям, но ровную середину, то удары наносят от середины листа к краям (рис. 2.5, б). В результате лист в середине вытягивается и волны по его кромкам исчезают. После этого лист переворачивают и продолжают править таким же способом до получения требуемых допусков прямолинейности и плоскостности. Для правки тонких листов применяют деревянные молотки-киянки, а очень тонкие листы проглаживают деревянными или металлическими брусками-гладилками. При этом листы периодически переворачивают (рис. 2.5, в, г). Качество правки контролируется с помощью линейки (рис. 2.5, д).

Правку (рихтовку) закаленных заготовок проводят различными молотками с закаленным бойком или специальным молотком с закругленной узкой стороной бойка. Удары наносят не по выпуклой, а по вогнутой стороне заготовки (рис. 2.6, а). При этом волокна металла на вогнутой стороне растягиваются и заготовка выпрямляется. Правку заготовок сложной формы, например угольника, у которого после закалки изменился угол между измерительными сторонами, производят следующими способами: если угол меньше  $90^\circ$ , то удары молотком наносят у вершины внутреннего угла (рис. 2.6, б), если больше  $90^\circ$ , — у вершины наружного угла (рис. 2.6, в).

Гибка — одна из наиболее распространенных слесарных операций. Ее применяют для придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру. В процессе



гибки металл подвергается одновременному действию растягивающих и сжимающих напряжений, поэтому здесь необходимо учитывать механические свойства металла, его упругость, степень деформирования, толщину, форму и размеры сечения заготовки, углы и радиусы изгиба детали. Радиус изгиба детали не следует принимать близким к минимально допустимому, если

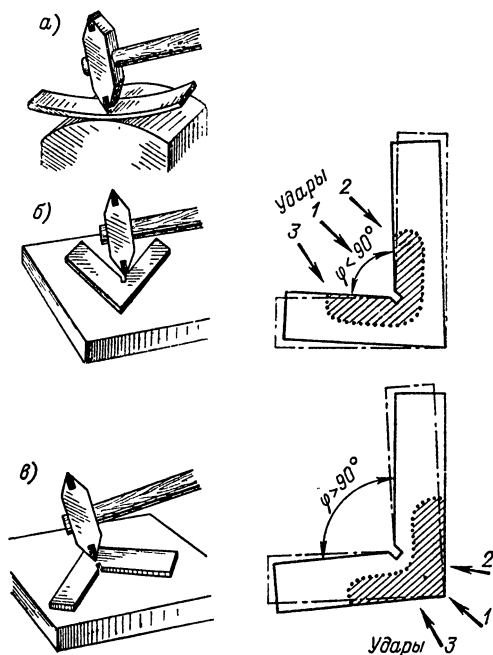


Рис. 2.6. Правка закаленных деталей типа полос (а) и угольников (б, в)

это не диктуется конструктивными требованиями. Целесообразно не допускать радиус изгиба меньше толщины заготовки, так как это приводит к появлению трещин и других дефектов. В холодном состоянии рекомендуется изгибать детали из листовой стали толщиной до 5 мм, из полосовой стали — толщиной до 7 мм, из круглой стали — диаметром до 10 мм.

При гибке полосы из листовой стали на нее сначала наносят риску загиба. Затем заготовку зажимают в тисках между угольниками-нагубниками так, чтобы разметочная риска была обращена к неподвижной губке

тисков и выступала над ней на 0,5 мм (рис. 2.7, а). Наконеч, ударами молотка, направленными к неподвижной губке, загибают конец полосы (рис. 2.7, б).

Для гибки скобы заготовку зажимают в тисках между угольником и бруском-оправкой и загибают первый конец (рис. 2.7, в). Затем, вложив внутрь скобы брусок-оправку требуемого размера, скобу зажимают в тисках на уровне рисок и отгибают вторую лапку (рис. 2.7, г).

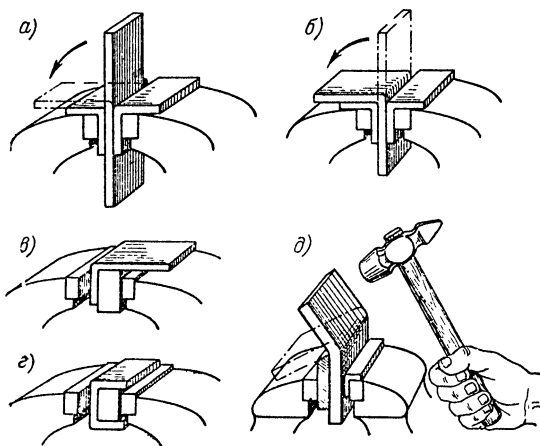


Рис. 2.7. Приемы гибки полос

Гибка полосы под острым углом с применением специальной оправки показана на рис. 2.7, д.

Гибку хомутика из тонкой полосовой стали выполняют в следующей последовательности: сначала зажимают в тисках оправку требуемого диаметра (рис. 2.8, а). Затем загибают заготовку на оправке двумя плоскогубцами и окончательно обрабатывают хомутик с помощью молотка на оправке в тисках (рис. 2.8, б). Доводку полуоткрытого хомутика выполняют на плите (рис. 2.8, в).

В конструкциях машин встречаются узлы с различными направлениями и формами изгиба деталей: шплинт или шайба в соединении гайка-болт (рис. 2.9, а, б); изгиб обеих соединяемых деталей (рис. 2.9, в, г); одна из деталей узла загибается в углубление или отверстие другой (рис. 2.9, д).

Гибочные работы выполняются также в связи с пригонкой различных труб. В холодном состоянии вручную гнут медные и латунные трубки малого диаметра (до 8

мм) при больших радиусах закруглений (более 10...12 диаметров). Такие же трубки большего диаметра (8...14 мм) гнут вручную с использованием шаблонов или спиральных плотно навитых пружин, которые помещаются внутрь трубы в месте изгиба. Трубы диаметром более 20 мм гнут, как правило, с помощью специальных приспособлений или на гибочных станках, предварительно заполнив трубы песком или расплавленной канифолью. Медные и латунные трубы перед гибкой отжигают в зоне загиба.

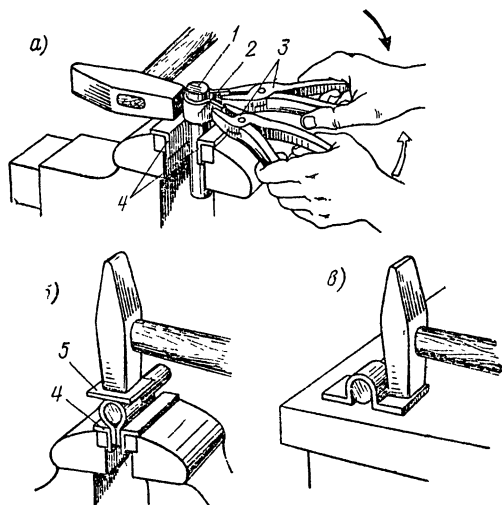


Рис. 2.8. Приемы гибки хомутика:

1 — оправка; 2 — заготовка; 3 — плоскогубцы; 4 — нагубники, 5 — медная пластина

Стальные трубы диаметром до 10 мм гнут без нагрева и без наполнителя, а трубы больших диаметров — в горячем состоянии и, как правило, с наполнителем. В горячем состоянии гнут алюминиевые и дюралюминиевые трубы. Нагревают трубы только в зоне изгиба на длине примерно  $\frac{\alpha}{15} d$ , где  $\alpha$  — внешний угол изгиба;  $d$  — диаметр.

Рубка представляет собой операцию обработки металла резанием. С помощью режущего инструмента — зубила, крейцмейселя или канавочника — с заготовки удаляют излишний слой металла, разрубают ее на

части, вырубают отверстие, прорубают смазочные канавки и т. п. Рубку производят в тех случаях, когда по условиям производства невозможна станочная обработка или когда не требуется высокая точность обработки. Рубку мелких заготовок выполняют в тисках, крупные заготовки рубят на плите или наковальне.

Для рубки применяют следующие инструменты: зубило, крейцмейсель, канавочники.

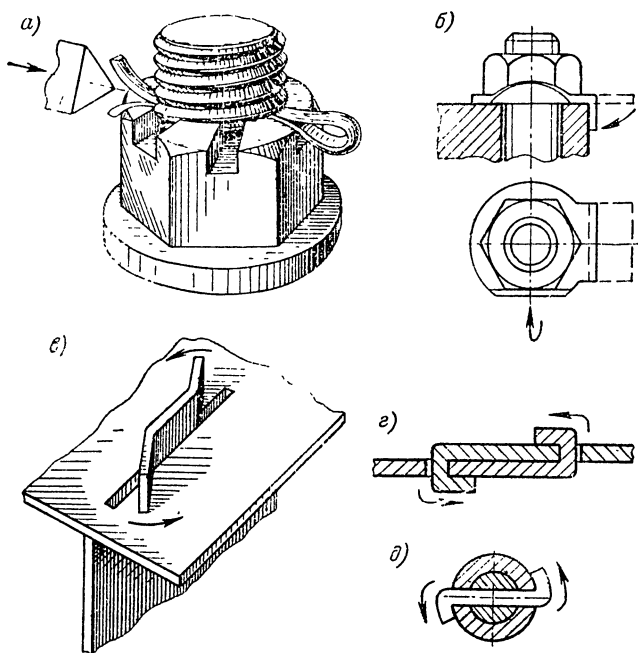


Рис. 2.9. Примеры гибочных соединений при сборке

*Зубило слесарное* состоит из трех частей: рабочей 2, средней 3 и ударной (бойка) 4 (рис. 2.10, а). Клиновидную режущую кромку зубила 1 и боек закаливают и отпускают. После термической обработки твердость режущей кромки достигает  $HRC_{\text{с}}56...61$ , бойка —  $HRC_{\text{с}}37...41$ . Зубило имеет длину 100...200 мм, а ширина режущей кромки — соответственно 5...25 мм. Угол заострения зубила в зависимости от обрабатываемого материала должен составлять:

Твердые материалы (чугун, твердая сталь, бронза)	70°
Материалы средней твердости (сталь)	60°
Мягкие материалы (медь, латунь)	45°
Алюминиевые сплавы и цинк	35°

Чем меньше угол заострения, тем меньшую силу необходимо приложить для резания. Однако чем больше твердость и хрупкость обрабатываемого металла, тем прочней должна быть режущая кромка и больше угол заострения. Боек зубила имеет вид усеченного конуса с полукруглым верхним основанием. Поэтому наносимый молотком удар всегда приходится по его центру.

*Крейцмейсель* отличается от зубила более узкой режущей кромкой (рис. 2.10, б). Он применяется для вырубания узких канавок, пазов и т. п. Углы заточки, твердость рабочей и ударной части крейцмейселя те же, что и у зубила.

*Канавочники* (рис. 2.10, в) отличаются от крейцмейселя изогнутой формой режущей кромки и применяются для вырубания смазочных канавок во вкладышах и втулках подшипников и при других подобных работах.

Перед работой зубило располагают на верстаке с левой стороны тисков режущей кромкой к себе, а молоток — с правой стороны тисков бойком, направленным к тискам. Большое значение при рубке имеет правильное положение корпуса слесаря: у тисков надо стоять устойчиво вполоборота к ним.

Качество и производительность рубки зависят от удара молотком. Различают три вида удара молотком: кистевой, локтевой и плечевой. При кистевом ударе изгибается только кисть правой руки. Таким ударом пользуются при выполнении легкой и точной работы: снятии тонких слоев металла, удалении небольших неровностей, рубке тонкой листовой стали и т. п. При локтевом ударе рука изгибается в локте и удар получается более сильным. Этим ударом пользуются при снятии слоя металла средней толщины, прорубании пазов и канавок. При плечевом ударе рука движется в плече, при этом

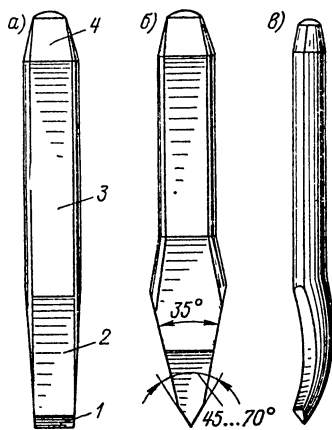


Рис. 2.10. Инструменты для рубки

получается большой замах и максимальная сила удара. Плечевой удар применяют при рубке толстого металла, удалении большого припуска за один проход, обработке больших плоскостей. Частота замахов молотком дол-

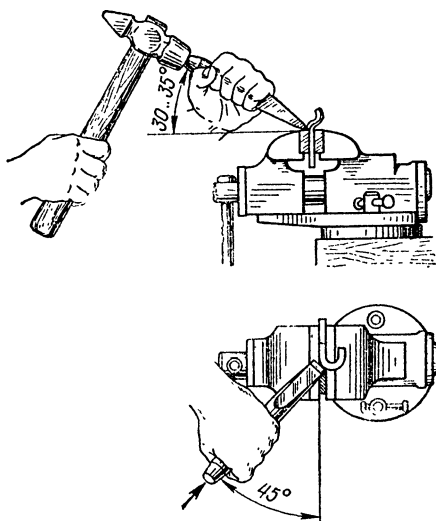


Рис. 2.11. Положение зубила при рубке заготовки в тисках

жна быть от 40 до 60 ударов в минуту при кистевом и от 30 до 40 — при локтевом и плечевом ударах. При рубке молоток берут правой рукой за рукоятку на рас-

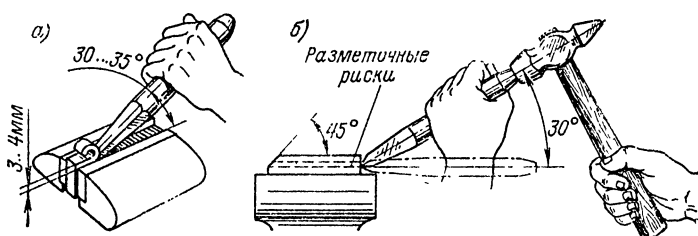


Рис. 2.12. Схема рубки полосового и листового металла

стоянии 15...30 мм от ее конца так, чтобы четыре пальца охватывали рукоятку, а большой палец был наложен на указательный. Зубило держат левой рукой, не сжимая сильно пальцы, на расстоянии 20...30 мм от его головки.

Для защиты руки от случайного удара молотком целесообразно надевать на верхнюю часть зубила резиновую шайбу толщиной 8...10 мм и диаметром 45...50 мм.

При рубке металла большое значение имеет правильная установка оси зубила относительно обрабатываемой поверхности заготовки. Угол между заготовкой (плоскостями губок тисков) и осью зубила должен быть равен  $45^\circ$ , угол наклона зубила зависит от угла заострения режущей кромки и должен составлять  $30...35^\circ$ . При меньшем угле наклона зубило скользит, а не режет, при большем — излишне углубляется в металл, создавая большую неровность обработанной поверхности (рис. 2.11).

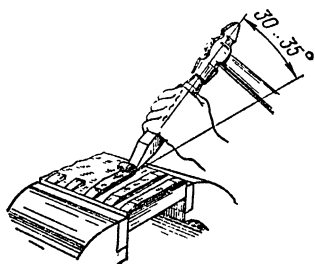


Рис. 2.13. Схема рубки широких плоскостей

При рубке руки должны действовать согласованно. Правой рукой следует точно ударять молотком по зубилу, а левой — перемещать зубило по металлу. При этом надо смотреть не на головку, а на режущую кромку зубила.

При рубке полосового и листового металла по уровню губок тисков часть заготовки, уходящая в стружку (срубаемая), должна располагаться над губками, а риска разметки — точно на их уровне без перекоса.

Рубку выполняют локтевым ударом (рис. 2.12, а). При размещении разметочных рисок выше уровня губок угол между осью зубила и обрабатываемой поверхностью периодически уменьшают (рис. 2.12, б).

При срубании слоя металла на широкой плоской поверхности разметочные риски должны выступать над губками тисков на 5...10 мм. В этом случае сначала крейцмейселем прорубают канавки шириной 8...10 мм. Ширина промежутков между канавками должна составлять 0,8 длины режущей кромки зубила. Затем зубилом срубают образовавшиеся выступы (рис. 2.13). Толщина стружки, снимаемая крейцмейселем за один ход, равна 0;5...1 мм, а при срубании выступов зубилом — 1;5...2 мм. Чугун, бронзу и другие хрупкие металлы рубят, не доходя до противоположного края заготовки. Недорубленные места следует рубить с противоположной стороны или предварительно сделать скос под углом  $45^\circ$ .

При вырубании пазов (рис. 2.14, а) и криволинейных смазочных канавок (рис. 2.14, б) сначала на обрабатываемую поверхность заготовки наносят риски, затем крестцовым инструментом прорубают канавки глубиной 1,5...2 мм

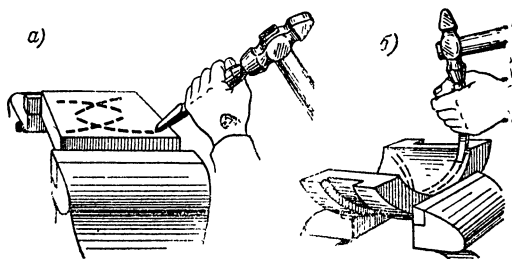


Рис. 2.14. Вырубание пазов и канавок

за каждый проход. Оставшиеся после рубки неровности устраняют канавочником, придавая пазам одинаковую ширину и глубину по всей длине заготовки.

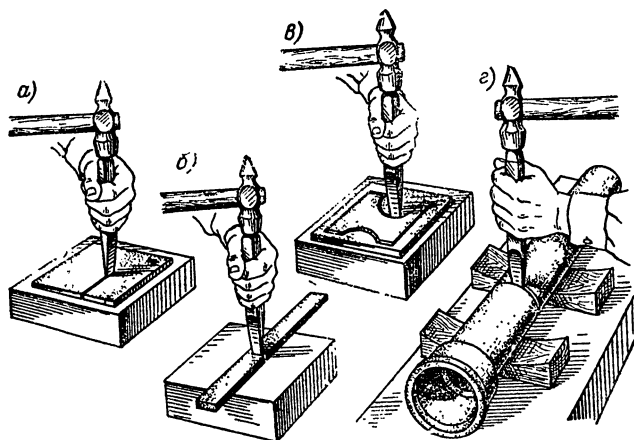


Рис. 2.15. Рубка металла: а — листового материала; б — полосы; в — вырубание фигурной заготовки из листовой стали; г — перерубание чугунной трубы

При вырубании фигурной заготовки на плите или наковальне сначала легкими ударами надрубают размеченный контур, отступив от рисок на 2...3 мм. Рубят лист сильными ударами по зубилу. Если лист достаточ-



но толстый, его переворачивают и рубят с противоположной стороны по обозначившемуся контуру. При вырубании заготовки с криволинейными контурами необходимо пользоваться зубилом с закругленным лезвием или крейцмейселем.

Различные приемы рубки металла показаны на рис. 2.15.

Заточку зубил и крейцмейселей производят на точных (точильных) станках. Для заточки инструмента из инструментальных сталей (углеродистой, легированной и быстрорежущей) применяют шлифовальный круг

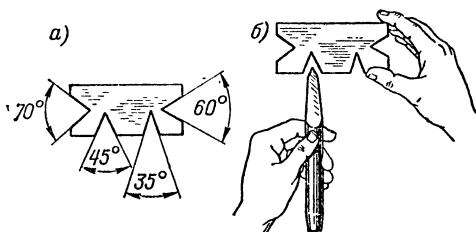


Рис. 2.16. Контроль угла заострения зубила

из электрокорунда зернистостью 40, 50 или 63 на керамической связке. Перед началом работы подручник точного станка устанавливают таким образом, чтобы зазор между ним и периферией шлифовального круга не превышал 2...3 мм. Затем опускают защитный экран и включают станок. Зубило устанавливают под углом 30...40° к периферии круга и с легким нажимом медленно перемещают по всей ширине круга. В процессе работы его следует периодически поворачивать то одной, то другой стороной, чтобы обеспечить равномерную и симметричную заточку. При этом зубило каждый раз опускают в воду для охлаждения. Боковые грани зубила после заточки должны быть плоскими, одинаковыми по ширине и иметь одинаковые углы наклона. Угол заострения проверяют шаблоном, на котором имеются угловые вырезы 70, 60, 45 и 35° (рис. 2.16, а, б). После заточки мелкозернистым абразивным бруском снимают заусенцы (заправляют лезвие).

Резка — операция разделения на части круглого, полосового, профильного проката, а также труб ручным и механическим способом. Ручную резку заготовок в зависимости от профиля и площади сечения производят различными инструментами: ножовками, ножницами

(ручными, ступовыми, рычажными), трубрезами и газопламенными горелками.

*Ручная ножовка* — наиболее распространенный инструмент для резки толстых листов полосового и профильного металла, а также для прорезания пазов,

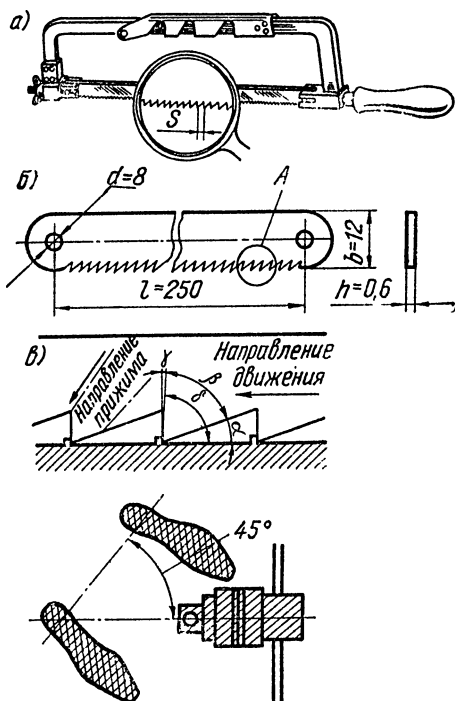


Рис. 2.17. Ручная ножовка и работа ножовкой

шлицев, обрезки и вырезки заготовок по контуру и т. п. Она состоит из рамки (ножовочного станка), подвижной головки, винта с гайкой для натяжения ножовочного полотна и неподвижной головки с хвостовиком и рукояткой (рис. 2.17, а). Рамки ножовки бывают цельными и раздвижными.

Ножовочное полотно представляет собой тонкую и узкую стальную пластину с зубьями на одном ребре. Каждый зуб ножовочного полотна (рис. 2.17, б) имеет форму клина (резца), на котором различают задний угол  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$ , передний угол  $\gamma$  и угол резания  $\delta$ .

Для уменьшения трения ножовочного полотна о стенки разрезаемого металла (пропила) его зубья разводят в разные стороны, увеличивая таким образом толщину полотна  $h$  до ширины пропила. Зубья с большим шагом отгибают по одному поочередно вправо и влево, зубья с малым шагом — по два-три вправо и по два-три влево; при этом должна образовываться волнистая линия.

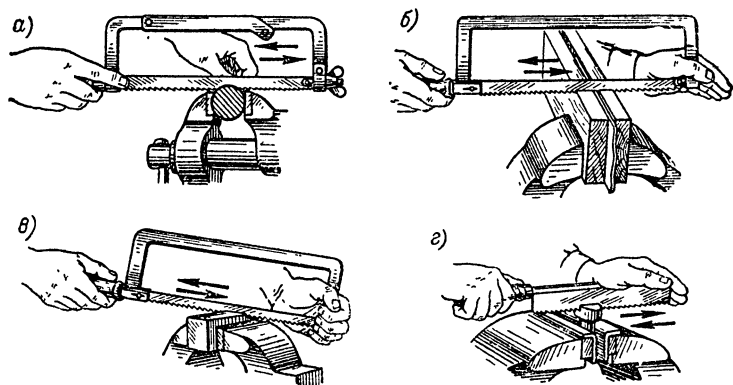


Рис. 2.18. Приемы работы при резании металла ножовкой: а — разрезание прутка круглого сечения; б — разрезание тонкого листа; в — разрезание прутка прямоугольного сечения; г — прорезка шлица (прорези) специальной ножовкой

При разрезке металла ножовкой корпус слесаря должен быть развернут вправо под углом  $45^\circ$  к оси тисков. Положение ног показано на рис. 2.17, в.

Прежде чем приступить к разрезке металла, необходимо выбрать ножовочное полотно с учетом твердости, формы и размеров разрезаемого металла. Степень натяжения полотна в рамке ножовки проверяют легким нажатием пальца на полотно сбоку: если оно не прогибается, то натяжение считается достаточным. При работе конец рукоятки должен упираться в середину ладони правой руки, а большой палец лежать вдоль рукоятки сверху. Левой рукой рамку ножовки берут так, чтобы большой палец находился внутри рамки, а остальные охватывали натяжной винт подвижной головки. Ножовку держат в горизонтальном положении, передвигая плавно, без рывков и производя от 30 до 60 двойных ходов в минуту. При ходе ножовки должно работать не менее  $\frac{2}{3}$  ее длины. Тонкий материал при разрезке но-

жовкой зажимают в тиски между двумя деревянными брусками и разрезают вместе с ними. Приемы разрезания металла показаны на рис. 2.18.

### 2.3. Опиливание и зачистка

Опиливание и зачистка — процессы снятия слоя металла с помощью напильников, надфилей, абразивного инструмента (круги, головки, бруски, шкурки). Зачистка может осуществляться также проволочными вращающимися щетками.

Опиливание обычно связано с изменением размеров обрабатываемых деталей, а зачистка — с изменением лишь шероховатости поверхности, например, при удалении пятен коррозии, удалении царапин, рисок и т. п. Опиливание считается грубым, если необходимо удалить слой металла более 0,2 мм. При тонком опиливании слой снимаемого металла не превышает 0,1 мм. Точность размера при опиливании может быть достигнута до 0,02 мм.

Характерные работы: опиливание деталей по контуру для удаления неровностей, забоин, заусенцев; снятие припусков на деталях-компенсаторах под размер; устранение дефектов на поверхности детали (сколов, царапин) в тех случаях, когда исправление их допускается техническими условиями; опиливание плоскостей, сложных поверхностей, пазов и выступов при подгонке соединений. Во всех случаях после опиливания поверхности зачищают.

Устройства, механизующие выполнение работ по опиливанию и зачистке: верстачные и передвижные установки с гибким валом, приводящие в движение специальные напильники или абразивные головки; переносные пневматические и электрические ручные и приводные машинки, оснащенные абразивными кругами и круглыми щетками; механические машинки с плоскими шлифующими подушками, совершающими колебательное движение; машины с абразивными лентами.

*Напильник* представляет собой режущий инструмент в виде стального закаленного бруска определенного профиля длиной 100...400 мм с большим количеством насечек или нарезок, образующих мелкие и острые зубья (резцы), которыми срезается небольшой слой металла в виде стружки. Основные части и элементы напильника показаны на рис. 2.19, а.

Зубья напильника могут быть образованы насеканием (рис. 2.19, б), фрезерованием (рис. 2.19, в), протягиванием и другими способами. Наиболее распространенным способом образования зубьев является насекание их на специальных пилонасекальных станках с помощью зубила. Каждый зуб напильника имеет задний угол  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$ , передний угол  $\gamma$  и угол резания  $\delta$ . Чем больше насечек на определенной длине напильника, тем мельче зуб. Различают напильники с

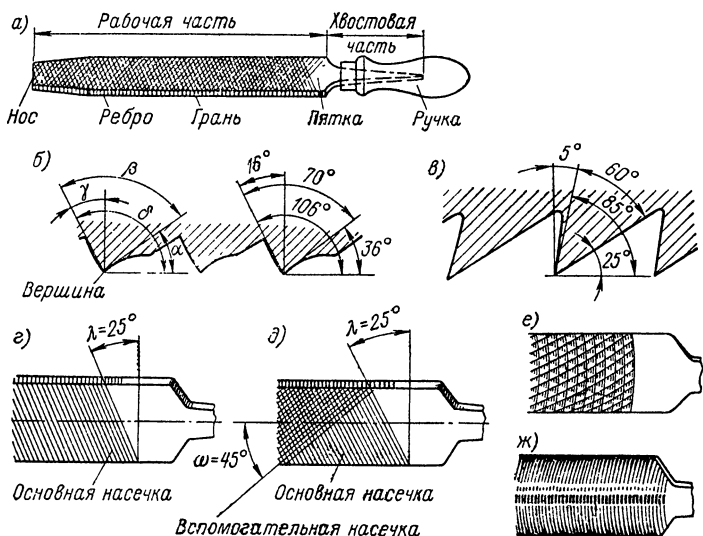


Рис. 2.19. Слесарный напильник: а — части и элементы; б, в — геометрия зубьев; г, д, е, ж — виды насечек напильников

одинарной или простой (рис. 2.19, г), двойной или перекрестной (рис. 2.19, д), рашпильной (точечной) (рис. 2.19, е) и дуговой (рис. 2.19, ж) насечками. Для обработки стали, чугуна и других твердых материалов применяют напильники с двойной насечкой:

Номер насечки . . . . .	0	1	2	3	4	5
Количество основных насечек на 10 мм длины . . . . .	5...13	8,5...14	12...20	17...28	24...40	34...56
Длина рабочей части напильника, мм . . . . .	350...400		100...400		100...300	

Напильники с различным числом насечек на 10 мм длины обозначаются номером от 0 до 5 и предназна-

ются для определенных работ. Напильники с насечкой № 0 и 1 (драчевые) имеют наиболее крупные зубья и служат для грубого опилования, когда требуется удалить большой слой металла — до 1 мм. Напильники с насечкой № 2 и 3 (личные) применяют для окончатель-

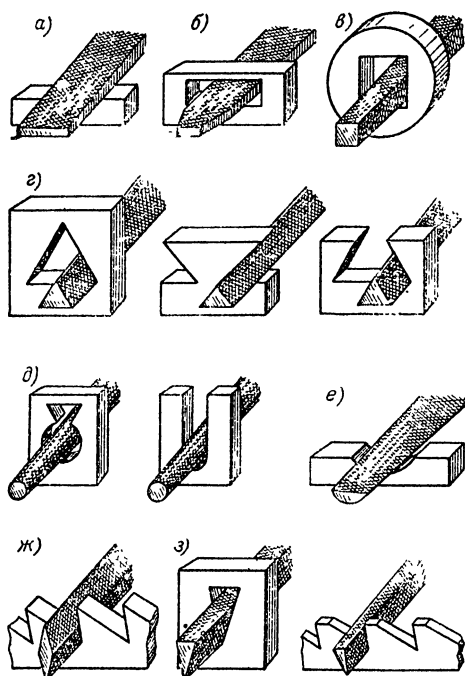


Рис. 2.20. Формы сечения напильников и примеры их применения: а, б — плоская; в — квадратная; г — трехгранная; д — круглая; е — полукруглая; ж — ромбическая; з — ножовочная

ного (чистового) опилования; снимаемый слой металла не превышает 0,3 мм. Напильники с насечкой № 4 и 5 (бархатные) служат для окончательной отделки поверхности и снимают слой металла не более 0,05 мм.

По форме поперечного сечения напильники делятся на плоские, квадратные, трехгранные, полукруглые, круглые, ромбические, ножовочные (рис. 2.20).

*Надфили* — небольшие напильники (длиной 80, 120 и 160 мм) различной формы поперечного сечения

(рис.2.21). В зависимости от количества насечек надфили делятся на пять типов (№ 1...5) с числом насечек 22...112 на 10 мм длины. Их применяют для опилования и распиливания небольших поверхностей, недоступных для обработки слесарными напильниками, а также отверстий, углов, прорезей, пазов, радиусов, коротких участков фасонных профилей шаблонов (лекал). Наибольшее распространение надфили получили в инструмен-

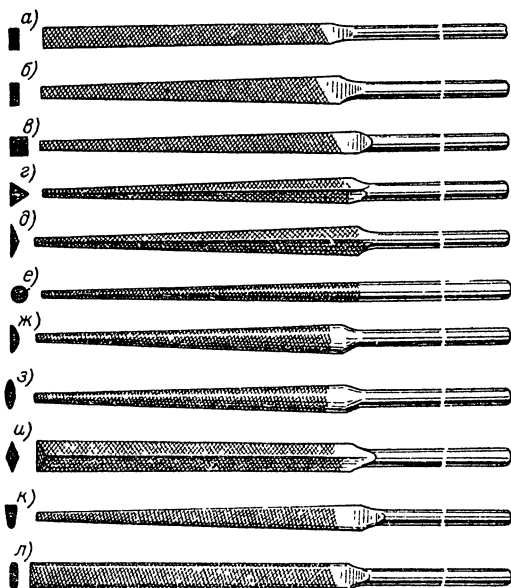


Рис. 2.21. Надфили: *а* — плоский тупоносый; *б* — плоский остроносый; *в* — квадратный; *г* — трехгранный; *д* — трехгранный односторонний; *е* — круглый; *ж* — полукруглый; *з* — овальный; *и* — ромбический; *к* — ножовочный; *л* — пазовый

тальных цехах при выполнении лекальных, граверных и ювелирных работ.

При слесарной обработке применяют и другие типы напильников: со специальной державкой, тарированные, алмазные, рашпили, машинные, вращающиеся, борнапильники и др.

При работе напильником рабочий должен стоять перед тисками прямо или вполоборота (под углом  $45^\circ$ ) к оси тисков; при этом правое плечо должно находиться

против винта тисков (рис. 2.22, а). Ступни ног располагаются под углом  $40\text{--}60^\circ$ , расстояние между пятками — не более  $200\text{--}300$  мм (рис. 2.22, б). При работе напильником правая рука должна быть согнута под прямым углом, а конец его рукоятки должен упираться в середину ладони правой руки. Четыре пальца охватывают рукоятку снизу, а большой — вдоль оси сверху. Ладонь левой руки располагается поперек напильника на расстоянии  $20\text{--}30$  мм от его носка.

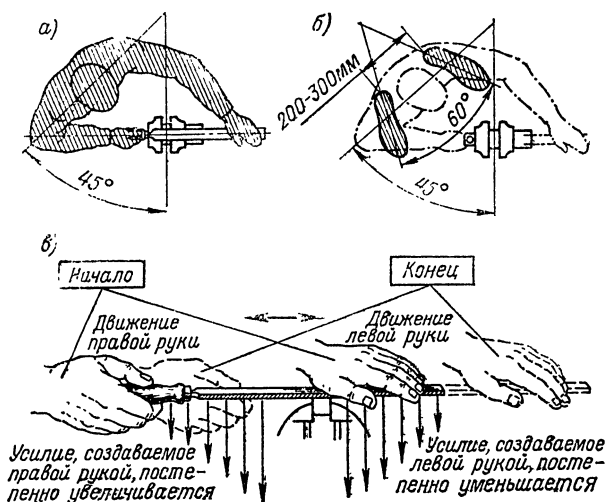


Рис. 2.22. Положение слесаря при опиливании и схема опиливания

При опиливании напильник перемещают строго горизонтально обеими руками вперед (рабочий ход) и назад (холостой ход) плавно, производя от 40 до 60 двойных ходов в минуту. Напильник должен касаться обрабатываемой плоскости всей своей поверхностью. Нажимать на напильник надо только при движении его вперед, строго соблюдая распределение усилий нажима правой и левой рукой в такой последовательности: в начале рабочего хода (рис. 2.22, в) основной нажим выполняют левой рукой, правой — поддерживают напильник в горизонтальном положении, в середине рабочего хода сила нажима обеими руками на напильник должна быть одинаковой, в конце рабочего хода основной нажим выполняют правой рукой, а левой поддержива-



ют его в горизонтальном положении. При этом слесарь слегка наклоняется в сторону тисков, делая упор на левую ногу. При движении напильника назад его не отрывают от обрабатываемой поверхности. При окончательном (чистовом) опиливании нажим на напильник должен быть значительно слабее, чем при предварительном (черновом). В этом случае левой рукой нажимают на носок напильника не ладонью, а большим пальцем.

При опиливании обрабатываемая поверхность должна выступать над губками тисков на 8...10 мм. Опиливание начинают с левого края поверхности. При движении назад напильник передвигают вправо примерно на  $\frac{1}{3}$  его ширины. После первого прохода опиливание повторяют справа налево. При этом необходимо следить за тем, чтобы напильник во время рабочего хода прилегал ко всей поверхности заготовки. Длина напильника должна на 150...200 мм превышать длину обрабатываемой поверхности.

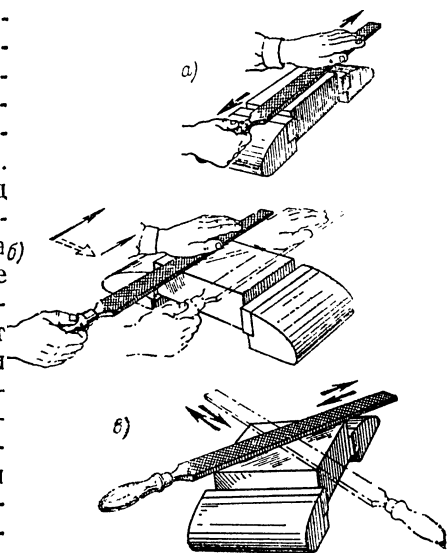


Рис. 2.23. Движения напильника при опиливании плоских поверхностей

Положение штрихов (следов зубьев напильника) на обработанной поверхности зависит от направления движения напильника, которое может быть прямым (продольным), как показано на рис. 2.23, а, косым (поперечным) — рис. 2.23, б и перекрестным — рис. 2.23, в. Наименьшего отклонения от плоскостности поверхности достигают при опиливании перекрестным штрихом, когда движение напильника переносят попеременно с угла на угол. Если с обрабатываемой поверхности необходимо снять выступающие части, опиливание производят круговыми штрихами. Работу всегда начинают напильником с насечкой № 1 или 2, снимая основной слой, не доходя до разметочной риски 0,8...1,0 мм. После этого напильником с насечкой

№ 3 или 4 осторожно удаляют оставшийся слой металла. Качество опиленной поверхности проверяют по штрихам: если штрихи от предыдущего прохода полностью исчезли при повторном проходе, то поверхность опилена правильно.

Отклонение от прямолинейности и плоскостности проверяют лекальной линейкой на просвет вдоль, поперек и по диагоналям заготовки (рис. 2.24, а). Выступаю-

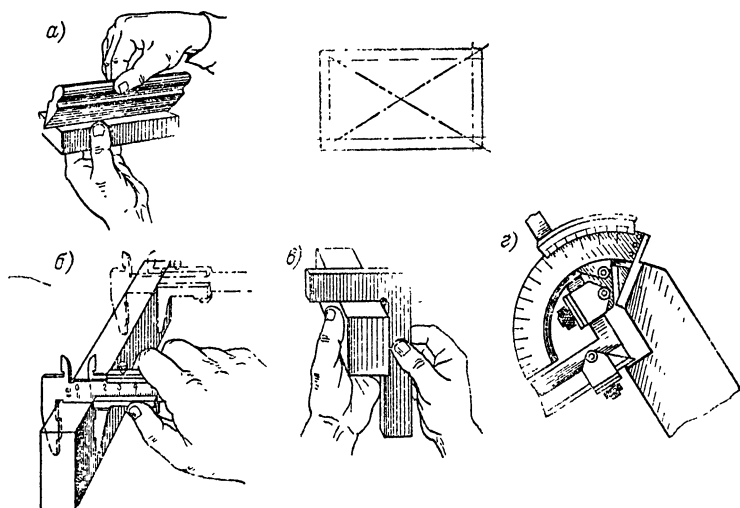


Рис. 2.24. Контроль при опиливании: а — отклонений от плоскостности и прямолинейности; б — отклонений от параллельности; в, г — отклонений от перпендикулярности

щие места, выявленные при проверке, необходимо опилить любым из ранее указанных способов, добиваясь равномерного просвета между линейкой и опиленной поверхностью. По окончании обработки на поверхность наносят равномерные продольные штрихи. Боковые стороны тонких заготовок опиливают на зажатом в тисках опилочном приспособлении, бруске из твердого дерева или закаленной стали. Заготовки, длина которых превышает длину губок, при обработке зажимают между двумя длинными металлическими угольниками или деревянными брусками.

Отклонение от параллельности двух опиленных поверхностей проверяют штангенциркулем, а плоскостей, расположенных перпендикулярно или под другим тре-

буемым углом,— угольником (рис. 2.24, б, в) или универсальным угомером (рис. 2.24, г).

Опиливание плоскопараллельных плоскостей заготовки начинают с наиболее широкой поверхности, которую принимают за основную измерительную базу. Ее опилюают окончательно, соблюдая все правила проверки плоских поверхностей. Затем штангенциркулем проверяют толщину и параллельность сторон заготовки, производят замеры в трех или в четырех местах. Опре-

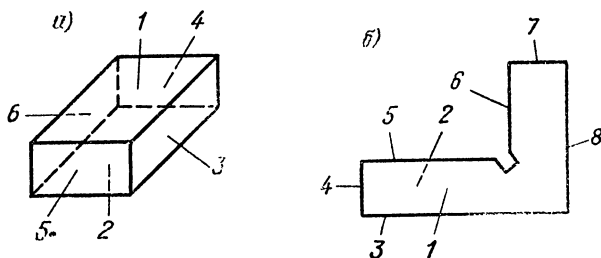


Рис. 2.25. Последовательность опиления сторон: а — плоскопараллельной плиты; б — плоского угольника с углом  $90^\circ$

дивля подлежащие удалению припуски в различных местах второй широкой обрабатываемой поверхности, их опилюают. На окончательно обработанной поверхности наводят продольные штрихи. Отклонения от параллельности, прямолинейности и плоскостности обработанных сторон и их толщина должны находиться в пределах допусков, указанных на чертеже. Если требуется обработка не только широких, но и узких сторон заготовки (ребер), то их опиление начинают с более длинной (базовой) стороны. Затем обрабатывают короткие стороны под углом  $90^\circ$  с проверкой их от базы. На рис. 2.25, а цифрами 1...6 обозначена последовательность опиления сторон плоскопараллельной плиты.

Опиливание сопряженных поверхностей — самый распространенный вид обработки, так как он предназначен для получения плоскостей, расположенных под определенным углом друг к другу (рис. 2.25, б). При опиливании наружных углов применяют плоские напильники, внутренние углы в зависимости от их размера можно обрабатывать плоскими (с одним ребром без насечки), трехгранными, квадратными, ножовочными и

ромбическими напильниками. Работу начинают с базовой, наиболее длинной или широкой плоскости. Эту поверхность (или ребро) опиливают окончательно, соблюдая все правила опиливания и проверки плоских поверхностей. Затем угольником проверяют угол между обработанной (базовой) и необработанной поверхностями.

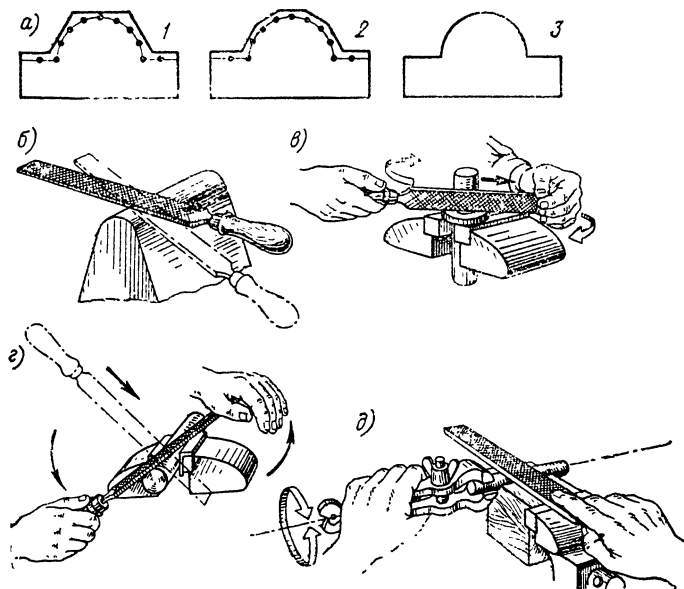


Рис. 2.26. Приемы опиливания наружных криволинейных поверхностей: *а* — последовательность обработки; *б* — опиливание выпуклой поверхности; *в* — опиливание стержня, закрепленного вертикально; *г* — опиливание стержня, закрепленного горизонтально; *д* — опиливание стержня на конус, закрепленного в ручных тисках  
*1* — срезание излишнего металла ножовкой; *2* — опиливание черновое на многогранник; *3* — опиливание по шаблону

Выступающие места на обрабатываемой поверхности опиливают перекрестным штрихом, периодически проверяя угол угольником, а отклонение от плоскостности и прямолинейности — линейкой. Если при контроле наблюдается равномерный просвет между проверяемой поверхностью и линейкой, проверяемым углом и ребром угольника, то точность обработки считается обеспеченной. После этого на обработанную поверхность необходимо нанести равномерные продольные штрихи.

При опиливании поверхностей, расположенных под внутренним углом, вначале также обрабатывают наиболее длинную или широкую (базовую) поверхность и по ней опиляют другую сопрягаемую поверхность. Особенно тщательно следует обрабатывать места сопряжения внутренних плоскостей угла, пользуясь для этого ромбическим или трехгранным напильником. При закреплении заготовки в тисках для предохранения боковой поверхности от повреждения необходимо пользо-

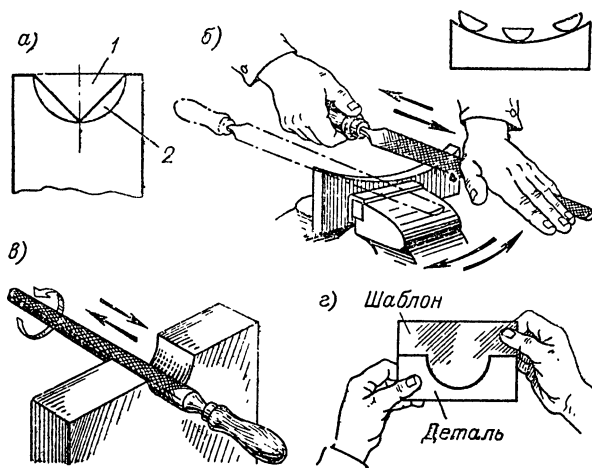


Рис. 2.27. Приемы опиливания вогнутых криволинейных поверхностей: а — последовательность обработки; б — опилование вогнутой поверхности большого радиуса кривизны; в — опилование вогнутой поверхности малого радиуса кривизны; г — проверка опиленной поверхности шаблона

1 — срезание излишнего металла ножовкой; 2 — опилование круглым напильником

ваться накладными губками из мягких материалов. Размер напильника выбирают с таким расчетом, чтобы он был длинней опиливаемой поверхности не менее чем на 150 мм.

Криволинейные поверхности разделяются на выуклые и вогнутые. Они могут быть как на плоских деталях типа шаблонов, планок, копиров, так и на разнообразной формы стержнях и валиках. Обычно опилование таких поверхностей связано со снятием больших припусков. Сначала заготовку размечают, а затем удаляют

лишний металл ножовкой или зубилом. Выпуклые поверхности опиливают плоскими напильниками вдоль и поперек выпуклости. При движении напильника вперед вдоль выпуклости правая рука должна опускаться вниз, а носок напильника — подниматься вверх. При поперечном опиливании напильнику сообщают наряду с прямолинейным еще и вращательное движение.

Основной припуск удаляют напильником с грубой насечкой, не доходя до разметочной риски на 0,8...1,0 мм.

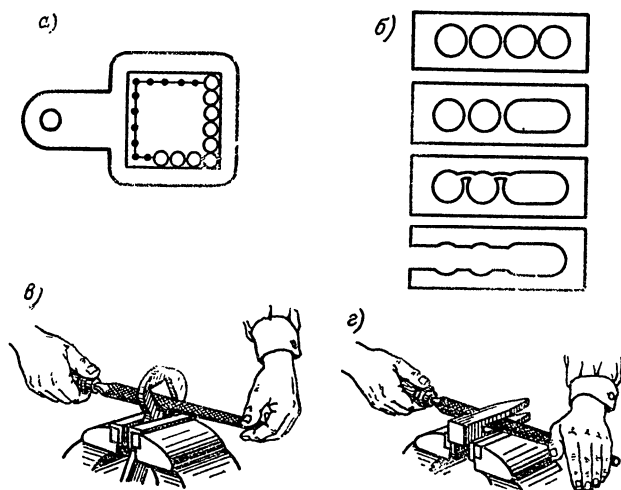


Рис. 2.28. Приемы распиливания пазов и отверстий: а — разметка и обсверливание контура; б — сверление, вырубка и распиливание проема; в — распиливание отверстия; г — распиливание проема

После этого напильником с насечкой № 4 окончательно снимают оставшуюся часть припуска металла до риски или требуемого размера. Контроль опиленной заготовки производят шаблонами, угольником и штангенциркулем. Приемы опиливания наружных криволинейных и цилиндрических поверхностей показаны на рис. 2.26.

Опиливание вогнутых поверхностей начинают с разметки на заготовке контура детали. Большую часть металла (припуска) можно удалить выпиливанием ножовкой, придав впадине форму треугольника. Затем полукруглыми или круглыми напильниками спиливают лишний металл до разметочной риски. Профиль сечения

круглого или полукруглого напильника выбирают таким, чтобы его радиус был меньше, чем радиус опиленной поверхности. Правильность формы поверхности проверяют по шаблону на просвет, а перпендикулярность опиленной поверхности к торцу заготовки — угольником. При опиливании необходимо сочетать два движения напильника — прямолинейное и вращательное. При этом каждое движение напильника вперед сопровождается небольшим поворотом его правой рукой на  $\frac{1}{4}$  оборота вправо или влево. Приемы опиживания вогнутых криволинейных поверхностей показаны на рис. 2.27.

Распиливание отверстий и пазов в целях придания им нужной формы является одной из разновидностей обработки внутренних прямолинейных и криволинейных поверхностей. Круглые отверстия обрабатывают круглыми и полукруглыми напильниками; трехгранные отверстия — трехгранными, ножовочными и ромбическими напильниками и т. п. Распиливание начинается с разметки и накернивания разметочных рисок, сверления по разметочным рискам отверстий и вырубке проймы (удаления лишнего металла из будущего отверстия) (рис. 2.28).

## 2.4. Шабрение

Шабрение — слесарная отделочная операция, используемая для выравнивания и пригонки плоских и криволинейных (чаще цилиндрических) поверхностей для получения плотного прилегания. Шабрению предшествует обработка резанием, например опиление, шлифование, строгание, фрезерование и т. п.

При шабрении металл срезается с участков, соприкасающихся при пробе на шабровочную краску<sup>1</sup> с поверхностью, к которой пригоняется данная деталь. Постепенно эти участки становятся все мельче («разбиваются»), пока не получится «сетка», т. е. достаточное число пятен соприкосновения. Детали пришабривают друг к другу, по эталонным или поверочным плитам.

Шабровочную краску наносят на плиту тампоном ровным тонким слоем. Заготовку плавно опускают на плиту и медленно передвигают по всей поверхности плиты круговыми движениями в разных направлениях. Затем заготовку осторожно снимают. Тяжелые заготов-

---

<sup>1</sup> Сажа или лазурь; смешанные с машинным маслом.

ки обрабатывают на месте, накладывая на их поверхности проверочную плиту с краской. На предварительно подготовленные поверхности краска ложится равномерно, на плохо подготовленные — неравномерно. Так, на подготовленной для шабрения поверхности белые пятна означают наиболее углубленные места (краски нет), темные пятна — менее углубленные (скопление краски), серые пятна — наиболее выступающие (тонкий слой краски).

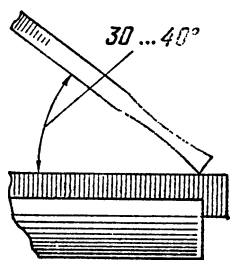


Рис. 2.29. Шабрение плоской поверхности

Процесс шабрения заключается в постепенном удалении металла с окрашенных участков (серые пятна). При работе шабер держат правой рукой, а ладонью левой руки охватывают инструмент посередине, поджав книзу четыре пальца. Устанавливают его под углом  $30^\circ$  к шабруемой поверхности (рис. 2.29). Рабочим ходом при шабрении является движение вперед, т. е. от себя. При движении назад (холостой ход) шабер приподнимают. Шабрить следует при свободном положении корпуса, не сгибаясь. Шабрение включает несколько переходов: черновое (предварительное), получистовое (точечное) и чистовое (отделочное). В особых случаях производят точное и тонкое шабрение.

В начале шабрения длина хода инструмента должна составлять 15...20 мм, а затем по мере выравнивания поверхности ее уменьшают до 2...5 мм. Направление рабочего хода каждый раз надо изменять так, чтобы полученные штрихи пересекались между собой под углом  $45...60^\circ$ . Шабрение плоской поверхности начинают с наиболее удаленного края, постепенно приближаясь к ближнему краю. После каждого цикла шабрения обрабатываемую поверхность насухо протирают, вновь проверяют на краску и продолжают шабрение до тех пор, пока вся пришабриваемая поверхность не покроется равномерно чередующимися пятнами краски.

Окончательное шабрение заключается в расшабривании круглых пятен пополам или на несколько равных по размеру и форме частей, а продолговатых — на более мелкие в поперечном направлении. Чем точнее требуется пришабрить поверхность, тем более тонкий слой краски должен быть наложен на проверочную плиту.



При этом используют узкий шабер (8...10 мм), длина его рабочего хода не более 4...5 мм.

Качество шабрения определяют по числу пятен, входящих на единичную обработанной поверхности, для чего служит контрольная рамка с квадратным окошком размером 25×25 мм<sup>1</sup>. Ее накладывают на пришабренную поверхность и считают число пятен. Подсчет числа пятен проводят в 2...4 местах проверяемой поверхности.

Шабрением можно получить плоскостность и прямолинейность поверхности с точностью до 0,002 мм на длине 1000 мм (30 пятен на площади 25×25 мм<sup>2</sup>). Шабрение считается тонким при числе пятен на площади 25×25 мм более 22 ( $R_a=0,08$  мкм), точным — при 10...14 ( $R_a=0,63$  мкм), чистовым — при 6...10 ( $R_a=1,25$  мкм) и грубым — при 5...6 (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Нормирование плоскостности при шабрении

Минимальное число пятен на площади 25×25 мм	Квалитеты точности (СТ СЭВ 636—77)	Примеры применения
Свыше 30	I...II	Измерительные и направляющие поверхности приборов и станков особо высокой точности
Свыше 20 до 30	III...IV	Измерительные и направляющие поверхности приборов и станков высокой точности
Свыше 12 до 20	V...VI	Направляющие, базовые и измерительные поверхности приборов и станков нормальной точности, а также точных машин. Рабочие поверхности тяжело нагруженных упорных подшипников
Свыше 5 до 12	VII...VIII	Рабочие поверхности (подвижные и неподвижные) машин нормальной точности
До 5	IX...X	Неподвижные рабочие поверхности (опорные, стыковые, базовые) машин пониженной точности и машин, работающих при легких нагрузках

<sup>1</sup> Площадь размером 25×25 мм принята как нормировочная для определения качества шабрения при пробе на краску.

Припуски на шабрение задают в зависимости от размеров обрабатываемых поверхностей. Для плоскости размером  $500 \times 500$  мм припуск в среднем составляет 0,2 мм; для плоскости  $500 \times 600$  мм — 0,5 мм. Для отверстий диаметром до 80 мм при их длине 200...300 мм припуск на шабрение равен 0,1 мм.

Шабрение — одна из наиболее распространенных слесарных операций. В практике слесарных, слесарно-сборочных и ремонтных операций объем шабровочных работ достигает 20...25%. Широкое применение шабрения объясняется особыми свойствами получаемой при этом поверхности. Шабренная поверхность в отличие от шлифованной или полученной абразивной доводкой является более износостойкой, так как не имеет вкрапленных остатков абразивных зерен, ускоряющих процесс износа; лучше смазывается и дольше сохраняет смазывающие вещества благодаря наличию так называемой разбивки на пятна (чередование выступающих и углубленных мест); позволяет применить самый простой и доступный способ оценки ее качества — по числу пятен на единицу площади. Шабрением можно получить поверхность с низкой шероховатостью (0,003...0,01 мм), так как за один проход шабером снимается слой металла толщиной 0,005...0,07 мм при чистовой и более 0,01...0,03 мм — при предварительной обработке.

Шабрение ручными шаберами — трудоемкая операция. Механизированные приспособления при шабрении, например электрическая шабровочная машинка, значительно облегчают труд и сокращают время обработки в 4...6 раз. Существуют и специальные шабровочные станки. Однако применение механизмирующих устройств при шабрении не всегда возможно (например, шабрение в полузакрытых полостях небольших размеров), кроме того, при использовании таких устройств в ряде случаев трудно получить высокую точность обработки из-за недостаточной точности определения давления на шабер.

*Шаберы* — металлические стержни различной формы с режущими кромками. Они изготавливаются из углеродистой инструментальной стали марок У10...У13, закаленной до твердости  $HRC_3$  56...64. Иногда шаберы оснащают пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава. По форме режущей части шаберы подразделяют на плоские, трехгранные, фасонные и специальные; по количеству режущих концов (граней) — на односторонние и двусторонние; по конструкции — на цельные и со вставными пластинами. Форму и геометриче-

ские параметры режущих кромок шабера выбирают в зависимости от формы и размеров поверхности и свойств обрабатываемого материала. Так, для шабрения плоских поверхностей применяют плоские шаберы с прямолинейной или радиусной режущей кромкой; для криволинейных и внутренних (вогнутых) поверхностей — трехгранные и фасонные шаберы. Шабер с прямолинейной режущей кромкой удобно применять при обработке краев заготовки, так как он не соскальзывает с ее поверхности. При шабрении остальной части заготовки шабер с прямолинейной режущей кромкой менее пригоден, так как боковые углы лезвия могут оставить на поверхности глубокие царапины. В этом случае следует применять шаберы с радиусными (дугобразными) режущими кромками.

Геометрические параметры шаберов зависят от вида обработки, материала заготовки и угла установки инструмента по отношению к обрабатываемой поверхности. Торцовую поверхность шабера затачивают под углом заострения

$90...100^\circ$  по отношению к оси инструмента. При грубой обработке угол заострения  $\beta$  равен  $75...90^\circ$ , при чистой —  $90^\circ$ , а при особо чистой —  $90...100^\circ$ . В зависимости от обрабатываемого материала угол заострения плоского шабера должен быть следующим: при обработке чугуна и бронзы —  $90...100^\circ$  (рис. 2.30, а), стали —  $75...90^\circ$  (рис. 2.30, б), мягких металлов —  $35...40^\circ$  (рис. 2.30, в).

Выбор длины режущей кромки и радиуса ее закругления зависит от твердости обрабатываемого материала и требуемой шероховатости поверхности. Чем тверже материал, тем уже режущая кромка и меньше радиус закругления. Длина режущей кромки зависит также от заданного числа и размеров пятен на единицу площади.

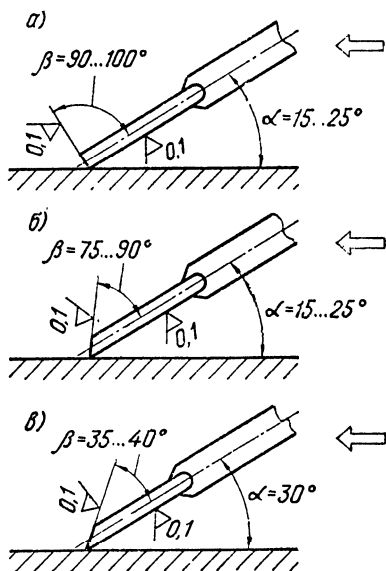


Рис. 2.30. Углы заточки шаберов для различных металлов

Так, для предварительного (грубого) шабрения требуется шабер с лезвием длиной 20...30 мм, для точного — 15...20 мм, для самого точного — 5...12 мм. Для окончательного (чистового) шабрения радиус режущего лезвия выбирается бóльшим, чем для чернового, так как в этом случае отклонение от плоскостности поверхности будет наименьшим. Для обработки криволинейных вогнутых поверхностей используют трехгранные шаберы, на боковых сторонах которых прорезаны продольные канавки для облегчения заточки. Угол заострения трехгранного шабера составляет 60...70°.

Заточку шаберов выполняют на заточном станке с применением охлаждения. Для шаберов из инструментальных сталей применяют мелкозернистые электрокорундовые шлифовальные круги (ПП 25А 16 П СМ2 7 К5 А), а для шаберов с твердосплавными пластинами — шлифовальные круги из карбида кремния зеленого (ПП 63С 16П СМ2 7 К5 А). Порядок заточки: шабер берут правой рукой за рукоятку, а левой охватывают его как можно ближе к рабочему концу. Опираясь плоской гранью шабера на подручник, плавно подводят торцовый конец к шлифовальному кругу. Шабер устанавливают горизонтально или с наклоном, обеспечивающим требуемый угол заострения. При этом его ось должна совпадать с центром круга. При заточке шабер слегка покачивают за хвостовик в горизонтальной плоскости, выдерживая требуемый радиус закругления режущей кромки (рис. 2.31, а).

Заточку широких граней шабера на длине 25...30 мм от режущих кромок осуществляют в том же порядке, выдерживая параллельностью граней друг другу (рис. 2.31, б).

Доводка (заправка) режущих кромок шабера после заточки необходима для удаления заусенцев и неровностей на кромках. Ее производят на шлифовальных (абразивных) брусках (оселках) зернистостью М14 и более мелкой, предварительно смазав его поверхность тонким слоем машинного масла. Вместо шлифовального бруска для заправки шабера можно применять ровную чугунную плитку, поверхность которой покрывают пастой из абразивного микропорошка М28...М20 на машинном масле. При доводке брусок помещают на деревянную неподвижную подкладку, а шабер торцовой частью устанавливают на него вертикально (рис. 2.31, в). Двумя пальцами левой руки шабер удерживают за рукоятку, слегка прижимая его к бруску, а правой рукой колеба-

тельными движениями торец шабера перемещают по бруску вдоль режущей кромки. Затем доводят боковые широкие поверхности (рис. 2.31, *г*), для чего шабер дву-

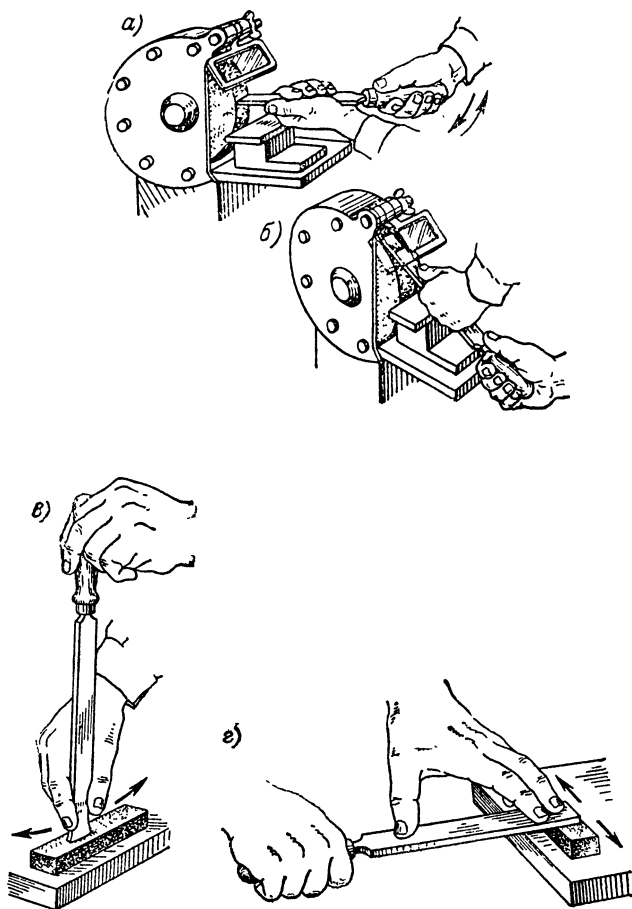


Рис. 2.31. Заточка (*а, б*) и доводка (*в, г*) шабера

мя руками удерживают в горизонтальном положении на бруске, поочередно обрабатывая обе режущие кромки. В среднем шабер доводят через каждый час работы в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, качества и точности шабрения.

## 2.5. Притирка, доводка, полирование

Притирка — обработка плоскостей с помощью мелкозернистых шлифовальных порошков (абразивов) или паст, нанесенных на твердую поверхность инструмента-притира или на сопрягаемую поверхность.

Движение поверхностей относительно друг друга при притирке вызывает вращение зерен абразива, которые встраиваются в притир и в деталь, срезая неровности с их поверхностей.

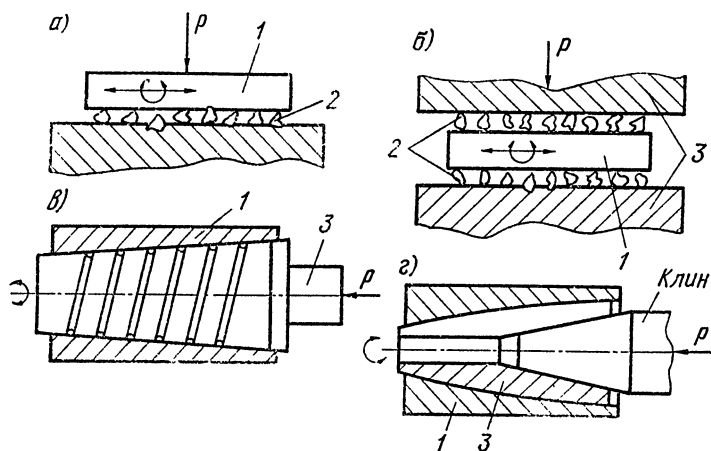


Рис. 2.32. Схема притирки плоских (а, б) и цилиндрических (в, г) поверхностей

Притирка плоскостей бывает односторонней (рис. 2.32, а) и двусторонней (рис. 2.32, б). На притираемую деталь 1, которой придается сложное движение относительно притира 3, действует определенная сила  $P$ . Абразивная прослойка 2 обеспечивает обработку поверхности детали. Следует отметить, что при этом изнашивается и притир. Поэтому притиры периодически подвергаются правке. Однако существуют такие способы притирки, при которых правка рабочей поверхности притиров производится самими обрабатываемыми деталями.

Поверхность детали притирают после окончательной механической обработки: шлифования, тонкого точения, фрезерования, развертывания, шабрения. При сборке притирку применяют в тех случаях, когда необходимо

получить точный размер деталей за счет снятия очень малого припуска (0,03...0,05 мм) или добиться плотного прилегания поверхностей, обеспечивающего гидравлическую непроницаемость соединения. Притиркой может быть достигнута точность размеров до 0,1 мкм.

Различают два способа притирки деталей — одной детали по другой (притирка клапанов, пробок и др.) и каждой из деталей по третьей — притиру. С помощью притиров доводят крышки, торцы, фланцы и буртики в плотных сопряжениях.

*Притирами* обычно являются плиты, бруски, конусы, втулки и другие детали из материала, более мягкого, чем материал притираемых деталей. Так, притирочные плиты из чугуна (с содержанием углерода 3...3,5%) применяют для притирки стальных деталей, стальные плиты и притиры (из стали У10) — для притирки чугунных деталей; стеклянные притиры — для притирки деталей из цветных сплавов. Притиры для предварительной притирки имеют на своей поверхности канавки (рис. 2.32, в). Для окончательной притирки — доводки предназначены гладкие притиры (рис. 2.32, г). Для обработки отверстий используют цельные, разрезные, составные и другие притиры.

Режимы притирки с учетом материалов притираемых деталей целесообразно в каждом случае определять экспериментально, представляя их в виде графиков, удобных для пользования (рис. 2.33).

*Абразивные материалы* — корундовый, карборундовый или наждачный порошок, карбид кремния, окись железа (крокус), окись алюминия, окись хрома, толченное стекло. При притирке обязательно применяют машинное масло, олеиновую кислоту, керосин, бензин, скипидар, техническое сало и другие смазывающие жидкости, а также их смеси (например, 70% олеиновой кислоты и 30% керосина). Состав жидкости, как и абразивный материал, выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

Притирку начинают с использования крупнозернистых абразивных материалов с зернистостью М40, М28, М20 (ГОСТ 3647—71), а заканчивают с мелкозернистыми порошками (М10, М7) и пастами. Давление при притирке также постепенно уменьшают от 20...15 кПа (0,2...0,15 кг/см<sup>2</sup>) при предварительной притирке до 8...4 кПа (0,08...0,04 кг/см<sup>2</sup>) при окончательной. Скорость относительного движения обрабатываемых поверхностей при притирке в среднем должна составлять

20 м/мин. Притертые поверхности проверяют на краску. При хорошей притирке краска мелкими пятнами равномерно распределяется по всей поверхности сопряжения.

Доводка — окончательная притирка, при которой вместо шлифующих порошков применяют пасты, в част-

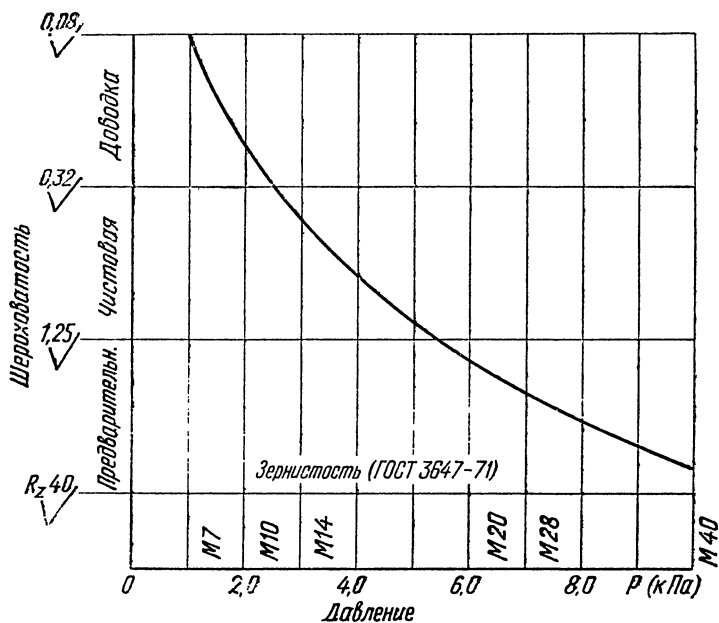


Рис. 2.33. График режимов притирки:

материал притира — чугун; материал притираемой детали — сталь 1Х18Н9Т; скорость притирки — 20 м/мин

ности пасты ГОИ. В процессе доводки пасты последовательно заменяют: вначале используют грубую, затем среднюю и наконец тонкую. В притирочных операциях достаточно широко используют также алмазные порошки и пасты.

Устройства, механизующие процесс притирки, должны сообщать притираемым деталям сложные движения, с тем чтобы траектории движения абразивных зерен не накладывались друг на друга. Плоские поверхности притирают при вращающемся притире 1 и маятниковом движении детали 2 (рис. 2.34, а) или при неподвижном притире и сложном движении (вращательным с радиальным смещением) притираемых дета-



лей (рис. 2.34, б). При притирке сопрягающихся пар (типа цилиндрических или конических валов и отверстий) притиру сообщают одновременно вращательное и осевое возвратно-поступательное движение (рис. 2.34, в). Притираемая деталь (втулка) при этом должна иметь воз-

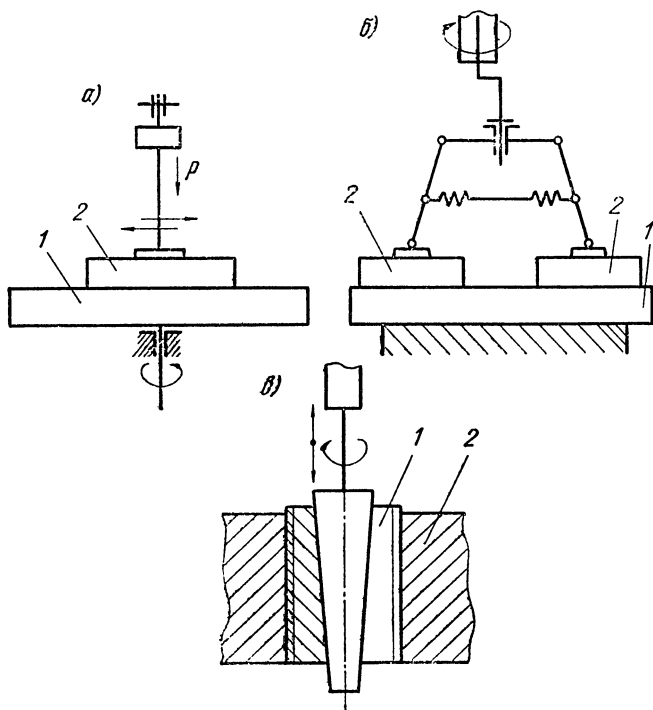


Рис. 2.34. Кинематические схемы устройств для притирки-доводки

можность самоустанавливаться, что обеспечивается соответствующей конструкцией приспособления.

Существуют два способа покрытия (шаржирования) притиров абразивным материалом. При прямом способе абразивный порошок вдавливают в притир с помощью стального закаленного валика. После шаржирования с притира удаляют остаток абразивного порошка и притир слегка смазывают. При косвенном способе притир покрывают слоем смазки и посыпают его абразивным порошком. В процессе доводки зерна абразива вдавливаются в притир обрабатываемой деталью.

Притирку тонких и узких заготовок целесообразно производить пакетом. В этом случае несколько одинаковых заготовок соединяют винтами, заклепками или струбиной в пакет и обрабатывают аналогично широким плоскостям. Такие заготовки можно также притирать с помощью чугунных или стальных направляющих кубиков, брусков и призм. Заготовку прижимают к бруску и вместе с ним перемещают по притирочной плите. Для притирки широких плоскостей тонких заготовок их

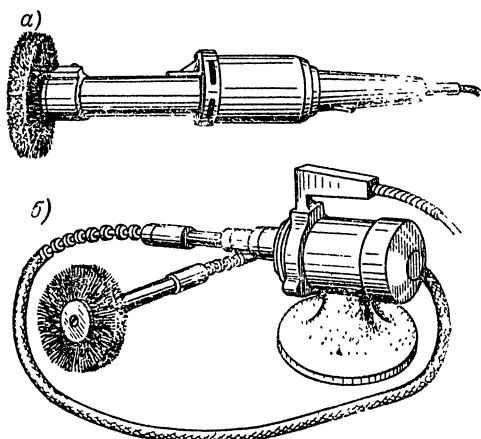


Рис. 2.35. Универсальный механизированный инструмент для полирования: а — пневматический; б — электрический

закрепляют на деревянном бруске мелкими гвоздями (или иным способом) и вместе с деревянным бруском перемещают по притирочной плите.

*Полирование* — процесс абразивной обработки поверхностей, подвергавшихся опиливанию или зачистке. При полировании практически не изменяется размер, поскольку обработка поверхности ведется в пределах высоты микронеровностей, полученных на предыдущей обработке. Обычный припуск под полирование находится в пределах 5...7 мкм.

Для полирования применяются тонкие абразивные порошки или специальные полировальные пасты, которые наносятся на рабочую поверхность полировальника, чаще всего выполненного в виде эластичного круга из войлока, фетра, хлопчатобумажной ткани или ниток (корда). В качестве вяжущего вещества в таких абра-

живных материалах, как окиси алюминия, железа, хрома, употребляют смесь парафина, олеина, стеарина, воска, говяжьего сала, вазелина. При тонком полировании обработка ведется абразивами без смазочных наполнителей, при особо тонком — с использованием венской извести. При работе полировальнику придается вращательное движение с рабочей скоростью 30...50 м/с. Для этого применяются пневматические или электрические ручные машинки, быстроходные сверлильные машинки или специальные ручные полировальные машинки с эластичным кругом, работающим торцовой поверхностью (рис. 2,35).

## 2.6. Торцевание, шарошение

Торцевание — зачистка базовых плоскостей под опорные части фланцев, шайб, гаек, упоров, а также снятие части материалов бобышек, втулок и штуцеров

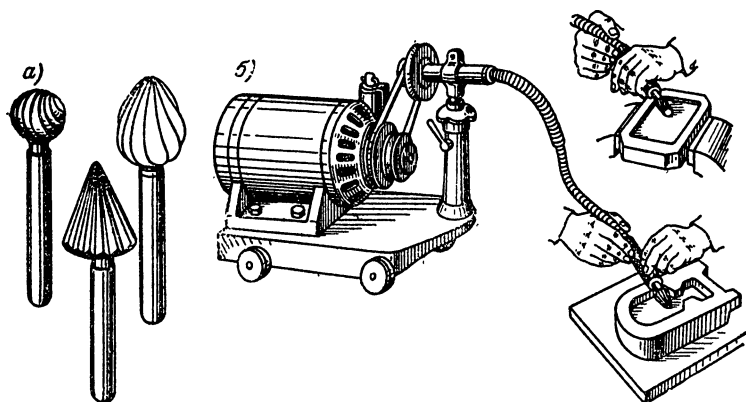


Рис. 2.36. Шарошки и их применение

при подгонке размеров этих элементов по высоте. Для торцевания используются торцевые зенкеры (зенковки), имеющие направляющую часть, благодаря которой и обеспечивается перпендикулярность обработанной плоскости оси отверстия.

Шарошение — механическая обработка поверхностей коническими или фасонными фрезами — шарошками (рис. 2.36, а). Она применяется для обработки поверхностей внутренних полостей деталей, недоступных для обработки другими видами инструмента. Шароше-

ние обычно выполняется с использованием пневматических или электрических быстрходных ручных машинок (рис. 2.36, б).

## 2.7. Обработка отверстий

Сверление отверстий (рис. 2.37) в процессе сборки необходимо, если:

требуемая точность достигается проще всего путем обработки двух или большего числа деталей в сборе;

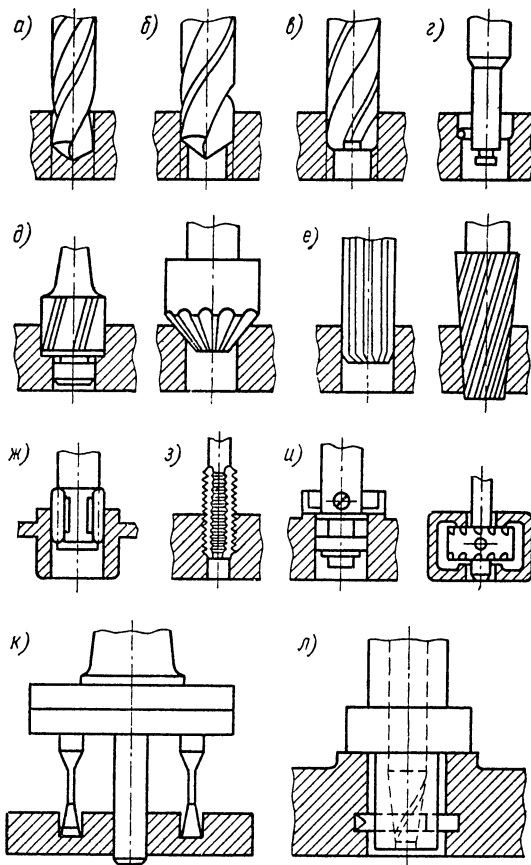


Рис. 2.37. Типовые переходы при обработке отверстий и их элементов: а — сверление; б — рассверливание; в — зенкерование; г — растачивание; д — зенкование; е — развертывание; ж — выглаживание; з — нарезание внутренней резьбы; и — цекование (подрезка) торцов; к — вырезание дисков (шайб); л — проточка внутренних канавок

место сверления труднодоступно для обработки на станке, а отверстие небольшого диаметра может быть просверлено с помощью механизированного инструмента;

отверстие не было предусмотрено при изготовлении детали.

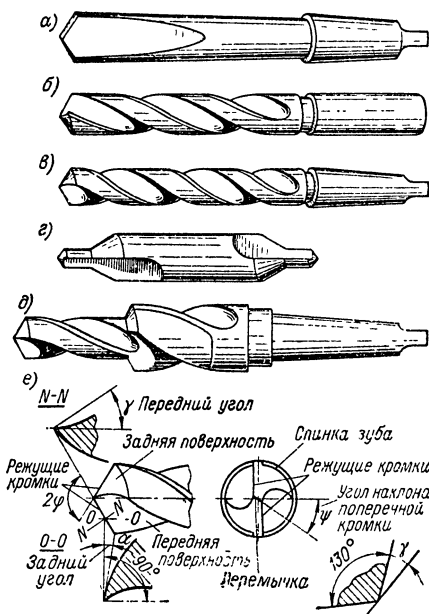


Рис. 2.38. Конструкции сверл: а — перовые; б — спиральные с цилиндрическим хвостовиком; в — спиральные с коническим хвостовиком; г — центровые; д — комбинированное сверло-зенкер; е — геометрия заточки спирального сверла

При сверлении отверстий диаметром до 10...12 мм применяют переносные сверлильные устройства с различной конструкцией сверл (рис. 2.38) или небольшие станки на колонках. Для сверления более крупных отверстий используют станки на фундаменте (рис. 2.39). Сверление отверстий в местах, где использование станков невозможно, производится пневматическими и электрическими машинками разной мощности.

Режимы процесса сверления, точности диаметральных размеров и межосевых расстояний общеизвестны.

**Зенкерование** — обработка предварительно просверленных, штампованных, литых отверстий в целях придания им более правильной геометрической формы (устранение отклонения от круглости и других дефектов), достижения более высокой точности (9...11-го

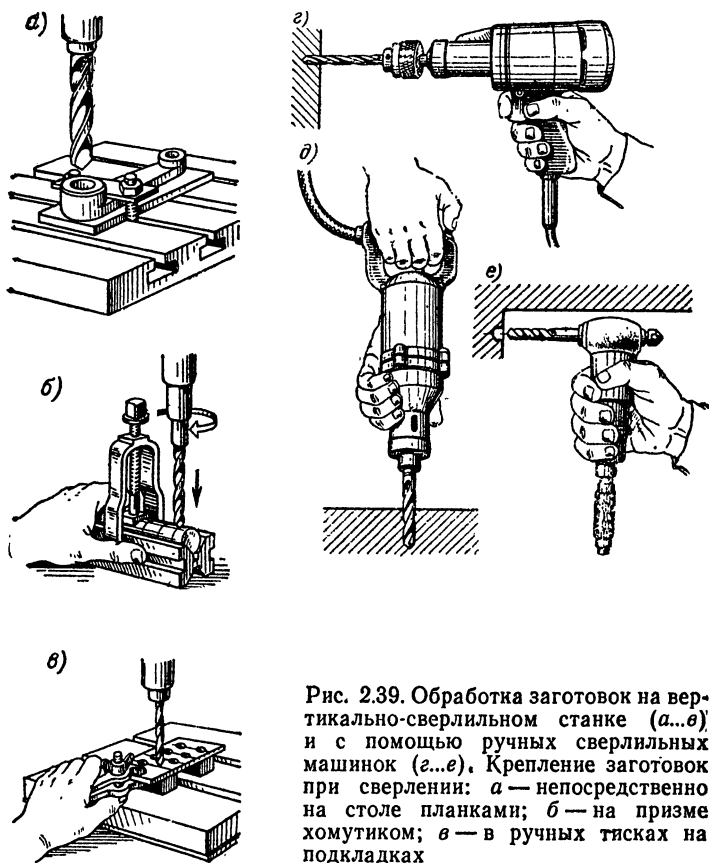


Рис. 2.39. Обработка заготовок на вертикально-сверлильном станке (а...б) и с помощью ручных сверлильных машинок (г...е). Крепление заготовок при сверлении: а — непосредственно на столе планками; б — на призме хомутиком; в — в ручных тисках на подкладках

квалитетов) и снижения шероховатости поверхности до  $R_a$  1,25...2,5 мкм. Эта обработка может быть либо окончательной, либо промежуточной (получистовой) перед развертыванием. При обработке точных отверстий диаметром менее 12 мм вместо зенкерования применяют сразу развертывание.

Характер работы зенкера подобен характеру работы сверла при рассверливании отверстия. По конструкции

и оформлению режущих кромок зенкер отличается от сверла и имеет три-четыре зуба, обеспечивающих правильное и более устойчивое положение зенкера относительно оси обрабатываемого отверстия. Зенкеры бывают цельные и насадные (рис. 2.40). Для экономии быстрорежущей стали их также делают со вставными ножами или с припаянными пластинами твердого сплава.

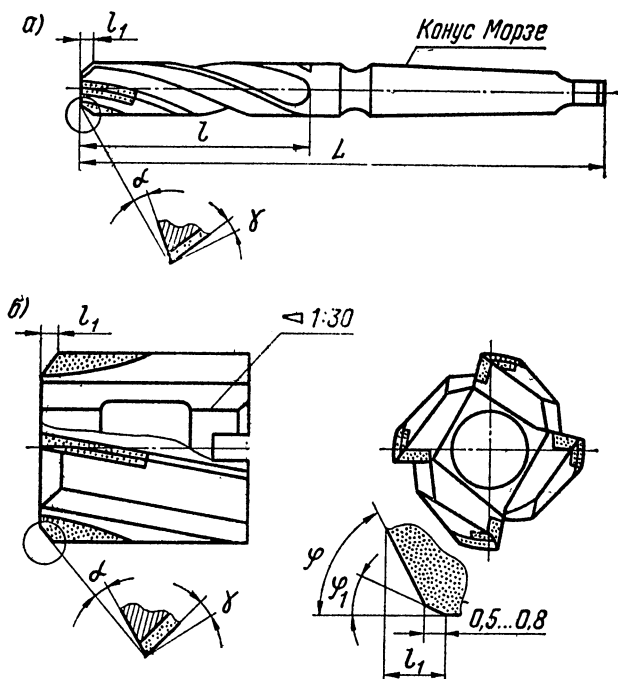


Рис. 2.40. Зенкеры: а — с хвостовиком; б — с насадкой

Зенкование — обработка зенковками цилиндрических или конических углублений и фасок под головки болтов, винтов, заклепок. В отличие от зенкеров зенковки имеют режущие зубья на торце и направляющие цапфы, которыми они вводятся в просверленное отверстие. При этом обеспечивается совпадение оси отверстия и образованного зенковкой углубления под головку винта. Крепление зенковок на сверлильных станках ничем не отличается от крепления сверл.

Развертывание — окончательная чистовая обработка отверстий, обеспечивающая высокую точность

размеров и шероховатость поверхности в пределах  $R_a$  1,25...0,16 мкм. Развертывание отверстий выполняют на сверлильных и других металлообрабатывающих станках, а также вручную при слесарной и слесарно-сборочной обработке. Ручные развертки бывают с прямым и винтовым зубом, насадные и регулируемые (рис. 2.41, а). На хвостовике они имеют квадратный конец для

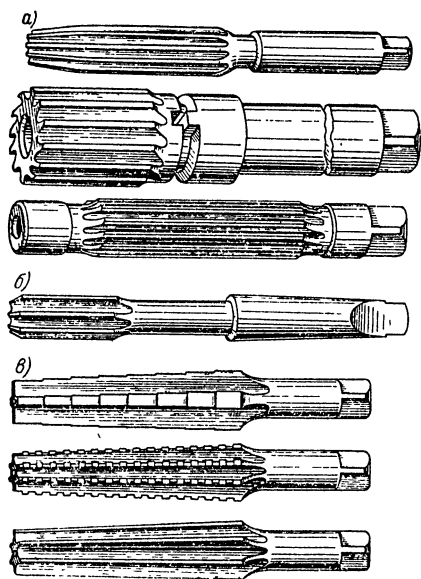


Рис. 2.41. Типы разверток

вращения их с помощью воротка. Шаг зубьев (угловой шаг) разверток — неравномерный, что уменьшает возможность образования многогранного отверстия. Развертки, применяемые на станках, называются машинными и отличаются от ручных более короткой рабочей частью и наличием конусного хвостовика (рис. 2.41, б). Машинные развертки закрепляют в плавающих (качающихся) оправках или патронах, что позволяет им самоустанавливаться по оси просверленного отверстия, а также устраняет разбивку отверстия.

Для обработки конических отверстий, чаще всего конусов Морзе, применяют конические ручные развертки комплектами из двух и трех штук (рис. 2.41, в). Первая развертка — черновая (обдирочная), вторая — промежуточная и третья — чистовая (окончательная).

Припуск под развертывание должен быть не более 0,05...0,1 мм на сторону. Бóльший припуск может привести к быстрому затуплению заборной части развертки, повышению шероховатости поверхности отверстия и снижению точности обработки.

Приступая к развертыванию, необходимо: выбрать требуемую по размеру развертку, проверив ее маркировку; убедиться в отсутствии забоин и выкрошенных мест на режущих кромках; закрепить заготовку в ти-



сках или установить ее на верстаке (плите) в положении, удобном для работы; смазать заборную часть развертки минеральным маслом и вставить ее в отверстие без перекоса; проверить угольником положение развертки относительно оси отверстия; надеть на квадрат хвостовика вороток. Затем, слегка нажимая на развертку правой рукой, левой рукой медленно вращать вороток по ходу часовой стрелки. Вороток нужно вращать медленно, плавно и без рывков. Вращение развертки в обратном направлении недопустимо, так как оно может вызвать задиры на поверхности отверстия или поломку режущих кромок развертки. Развертку необходимо периодически извлекать из отверстия для очистки ее от стружки и смазывания. Развертывание заканчивают, когда  $\frac{3}{4}$  рабочей части развертки выйдет из отверстия. Для глубоких отверстий, расположенных в труднодоступных местах, используют специальные удлинители, надевающиеся на квадрат хвостовика развертки.

В такой же последовательности производится окончательное (чистовое) развертывание.

На сверлильных станках развертывание лучше выполнять сразу после сверления и зенкерования при одной установке заготовки в тисках или приспособлении. Развертку закрепляют с помощью патрона или переходных втулок в конусе шпинделя станка. В ряде случаев для обеспечения более точного совпадения осей развертки и отверстия машинные развертки закрепляют в плавающих (качающихся) патронах. Скорость резания (частота вращения шпинделя) при развертывании должна быть в 2...3 раза меньше, чем при сверлении сверлом такого же диаметра. Развертывание осуществляют с механической подачей, которая зависит от диаметра развертки, материала заготовки и принимается в пределах 0,5...2,0 об/мин. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости для стальных и бронзовых заготовок используют раствор эмульсола, минеральное масло; для чугуна и алюминиевых сплавов — керосин, скипидар; для ковкого чугуна и латуни — раствор эмульсола.

Качество поверхности развернутого отверстия проверяют после тщательной протирки внешним осмотром на свет для обнаружения задиrow, огранки, следов дробления. Точность отверстия определяют в зависимости от его размера и требуемого качества точности калибрами-пробками, индикаторными нутромерами, а отверстия диаметром более 50 мм — микрометрическими нутромерами.

Для механизации процесса развертывания применяют электрические или пневматические сверлильные машинки с дополнительными редукторами, понижающими частоту вращения шпинделя до 30...50 об/мин.

## 2.8. Нарезание резьбы метчиками и плашками

В практике слесарно-сборочных работ нарезание резьб осуществляется на станках и вручную. Для нарезания внутренней резьбы в отверстиях применяют метчики, а для нарезания наружной — плашки различной конструкции.

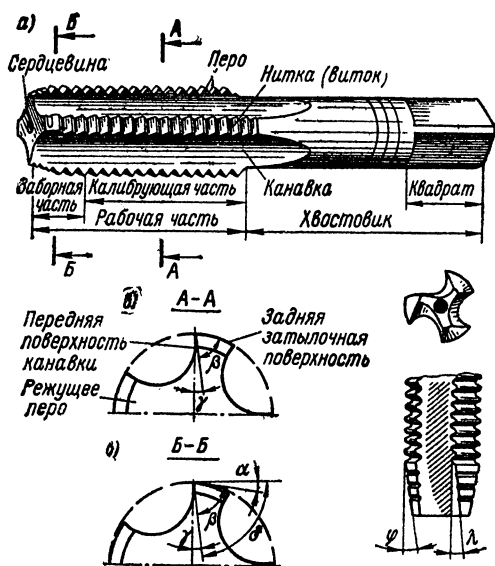


Рис. 2.42. Метчик и его элементы

При нарезании внутренних резьб особо важен правильный выбор диаметра отверстия под резьбу. Если диаметр отверстия выполнен больше требуемого, то резьба не имеет полного профиля. При меньшем диаметре отверстия вход метчика в него затруднен, что ведет либо к срыву резьбы, либо к заклиниванию и поломке метчика. Диаметр сверла при нарезании метрической и дюймовой резьб выбирают по специальным таблицам.

Диаметр сверла (мм) для отверстия под резьбу приближенно можно вычислить по формуле

$$d_{св} = D - P,$$

где  $D$  — наружный диаметр резьбы гайки, мм;  $P$  — шаг резьбы, мм.

Глубие отверстия под резьбу нужно сверлить несколько глубже, чем задана длина резьбы в отверстии, т. е. на величину  $\Delta l = (5 \dots 6)P$ .

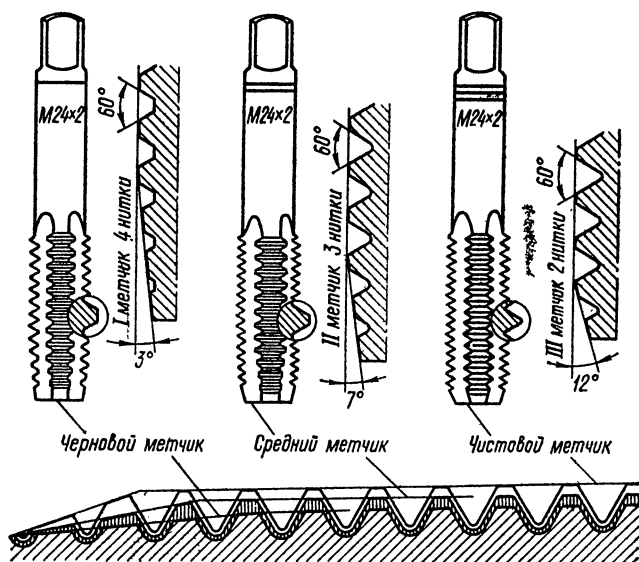


Рис. 2.43. Комплект ручных метчиков

Метчики по назначению делятся на ручные, машинно-ручные, машинные и гаечные. Метчик имеет рабочую часть и хвостовик, заканчивающийся квадратом для воротка (рис. 2.42, а). Перо метчика имеет форму клина с соответствующими углами (рис. 2.42, б, в). Ручные (слесарные) метчики для метрической и дюймовой резьбы изготовляют комплектами из двух или трех метчиков. Комплекты из двух метчиков (черновой и чистовой) применяют для резьб с шагом до 3 мм включительно, из трех (черновой, средний и чистовой) — для резьб с шагом свыше 3 мм (рис. 2.43). Полный профиль резьбы имеет только чистовой метчик. Черновой и средний метчики имеют меньшие наружные диаметры. Различна и

длина заборного конуса у каждого метчика: у чернового —  $(4...5)P$ , у чистового —  $(1,5...2)P$ . Метчики на хвостовой части имеют соответственно одну, две и три риски (кольца). В таком же порядке их используют при нарезании резьбы.

Приступая к нарезанию резьбы метчиками, необходимо: выбрать метчики в соответствии с требуемой резьбой по чертежу детали, закрепить заготовку в ти-

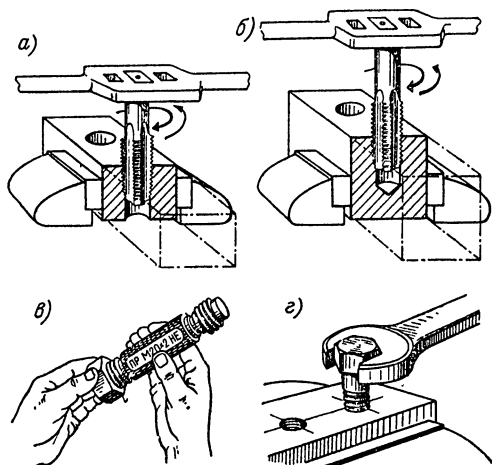


Рис. 2.44. Приемы нарезания и контроля внутренней резьбы

сках; смазать рабочую часть чернового метчика маслом и вставить его заборной частью в отверстие строго по его оси (без перекоса). Затем надеть на метчик вороток и, слегка нажимая левой рукой на метчик вниз (к заготовке), правой рукой вращать вороток по ходу часовой стрелки до врезания метчика в металл на несколько ниток. Когда положение метчика в отверстии станет устойчивым, взять его вороток двумя руками и плавно вращать по ходу часовой стрелки. После одного-двух оборотов сделать пол-оборота обратно для дробления стружки и продолжать нарезание резьбы до полного входа рабочей части метчика в отверстие. Теперь вывернуть метчик обратным вращением из отверстия, прорезать резьбу средним, а затем чистовым метчиком.

Чистовые метчики, смазанные маслом, ввертывают в отверстие без воротка. Когда он правильно пройдет по резьбе, на квадрат хвостовика надевают вороток и

продолжают нарезание резьбы. Приемы нарезания резьбы метчиками в сквозных и глухих отверстиях показаны на рис. 2.44, а, б.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости при нарезании резьбы в стальных и бронзовых заготовках применяют раствор эмульсола, минеральное масло; в чугунах и алюминиевых сплавах — керосин или без охлаждения.

Качество резьбовой поверхности проверяют внешним осмотром для обнаружения задиров и сорванных ниток. Точность резьбы определяют резьбовыми калибрами-пробками (проходная пробка должна ввинчиваться, непроходная — не ввинчиваться) (рис. 2.44, в). Резьбу в глухом отверстии проверяют ввертыванием контрольного болта (рис. 2.44, г).

При нарезании резьбы метчиками необходимо соблюдать следующие правила: нарезать резьбу полным набором метчиков, не перегружая чистовой метчик; средний и чистовой метчики вводить в отверстие без воротка, не допуская перекоса метчика; при нарезании резьбы в глухих отверстиях метчики периодически вывертывают и очищают канавки от стружки; для предохранения метчиков от поломок, а также повышенного усилия (крутящего момента), передаваемого рукой слесаря, необходимо использовать вороток, соответствующий данному диаметру нарезаемой резьбы; для получения качественной резьбы и сохранения метчиков обязательно применять смазывающе-охлаждающие жидкости.

При нарезании наружной резьбы важен правильный выбор диаметра стержня под наружную резьбу. Если диаметр выполнен больше требуемого, то давление на зубья плашки будет увеличиваться, что приведет либо к срыву резьбы, либо к поломке зубьев плашки. При значительно меньшем диаметре стержня резьба не имеет полного профиля. Для получения качественной резьбы диаметр стержня выбирают по специальным таблицам или принимают на 0,1 мм меньше наружного диаметра резьбы.

В зависимости от конструкции плашки подразделяются на круглые (лерки) и раздвижные (призматические). Круглые плашки бывают цельные (рис. 2.45, а) и разрезные (рис. 2.45, б). У разрезных плашек имеется прорезь, позволяющая регулировать диаметр резьбы в пределах 0,1...0,15 мм. Плашку крепят в специальном воротке (плашкодержателе) с одним или двумя кре-

пежными и тремя установочными винтами. Крайние винты служат для уменьшения (сжатия), а средний — для увеличения (разжима) размера плашки. Нарезание резьбы производят за один ход. Раздвижные (призматические) плашки состоят из двух половинок. На боковых сторонах полуплашек имеются угловые пазы, которыми они устанавливаются в направляющие выступы клуппа (воротка). Здесь они поджимаются винтом, которым можно также изменить расстояние между полу-

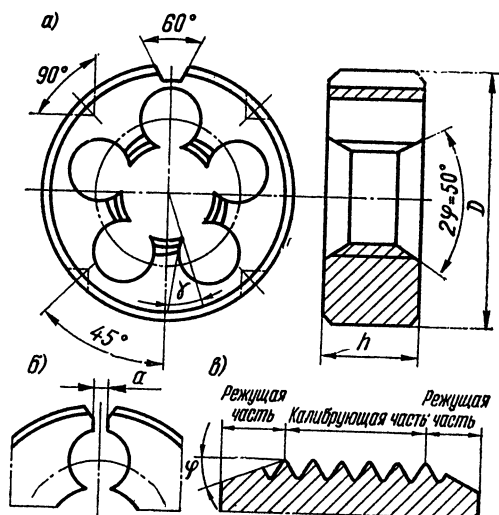


Рис. 2.45. Круглая плашка: а — до разрезания; б — разрезанная; в — профиль, резьбы рабочей части

плашками и обеспечивать диаметр резьбы в нужных пределах. Нарезание резьбы производят в несколько проходов, что значительно облегчает процесс резания.

Приступая к нарезанию наружной резьбы круглыми плашками, необходимо: выбрать заготовки с требуемым диаметром стержня; слегка отвернуть все винты на воротке (плашкодержателе); вставить плашку в гнездо ворота так, чтобы маркировка на плашке была наружу, а углубления располагались против стопорных винтов; закрепить плашку в воротке стопорными винтами (для разрезной плашки крайние регулировочные винты воротка отвернуть, а средний винт плотно завернуть, разжав плашку); проверить штангенциркулем диаметр

стержня и наличие на его конце фаски для облегчения врезания плашки (при отсутствии фаски опилить ее напильником); закрепить стержень в тисках вертикально так, чтобы его конец выступал над губками тисков на 15...20 мм; смазать конец стержня машинным маслом; наложить плашку на конец стержня так, чтобы маркировка была снизу. Затем, нажимая на корпус воротка ладонью правой руки, левой рукой вращать его за рукоятку по ходу часовой стрелки до полного врезания плашки. После этого взять вороток двумя руками и плавно вращать по ходу часовой стрелки. Через один-два оборота сделать пол-оборота обратно и продолжать нарезание резьбы, обильно смазывая стержень маслом. Теперь снять плашку со стержня обратным вращением.

Нарезание резьбы круглой разрезной плашкой ведется так же. Резьбу проверяют резьбовым калибром-кольцом или контрольной гайкой. Если гайка или проходное кольцо не навинчиваются, стержень прорезают еще раз, регулируя размер резьбы плашки регулировочными винтами.

Приступая к нарезанию резьбы раздвижными плашками, необходимо: в рамку клуппа вложить последовательно полуплашки и сухарь так, чтобы маркировка на плашках находилась со стороны маркировки на корпусе клуппа; слегка поджать сухарь нажимным винтом; надеть плашку на конец стержня так, чтобы она охватывала его на  $\frac{3}{4}$  своей толщины; затянуть нажимной винт. Затем, смазав плашку и конец стержня маслом, прорезать стержень на требуемую длину, применяя способ, указанный для круглых плашек. Вращая клупп против часовой стрелки, установить его в первоначальное положение, повернуть нажимной винт на пол-оборота и снова прорезать резьбу на стержне, т. е. сделать второй — полуступовой проход. В таком порядке продолжать нарезание до получения полного профиля резьбы.

Качество резьбы проверяют внешним осмотром для обнаружения задиров и сорванных ниток, а точность — калибрами-кольцами или контрольной гайкой (гайка должна навинчиваться легко, но без качания).

---

### **3.1. Сборка резьбовых соединений**

Резьбовые соединения (рис. 3.1) в конструкциях машин составляют 15...25% от общего количества соединений. Такая распространенность объясняется их простотой и надежностью, удобством регулирования затяжки, а также возможностью разборки и повторной сборки без замены детали. Трудоемкость сборки резьбовых соединений машин составляет 25...35% общей трудоемкости сборочных работ.

Сборка резьбового соединения в общем случае включает следующие элементы: установку деталей и предварительное их ввертывание (наживление), установку инструмента, завинчивание, затяжку, отвод инструмента, дотяжку, шплинтовку или выполнение иного процесса, необходимого для предохранения от самоотвинчивания. В общих затратах времени на сборку 12...17% его уходит на предварительное ввертывание, 18...20% — на затяжку и 5...8% — на дотяжку.

В случае автоматической сборки эти три элемента сборки выполняются последовательно одним инструментом. При механизированной сборке (а часто и автоматической) предварительное ввертывание обычно производят вручную. Объясняется это тем, что от качества наживления зависит правильная первоначальная установка одной детали по резьбовому отверстию другой. При этом ручное ввертывание в большей степени обеспечивает сохранность первых ниток резьбы, срывы которых приводят к порче дорогостоящих корпусных деталей.

При наживлении ввертываемая деталь должна быть подведена к резьбовому отверстию до совпадения осей.



Затем создают осевое усилие для прижатия этой детали к кромке отверстия. После этого ей сообщают вращательное движение с определенной скоростью, величина которой обратно пропорциональна диаметру резьбы.

Крутящий момент, требуемый для наживления, вычисляют по формуле:

$$M_{кр. н} = \frac{d_{ср}}{2} C (H - Z\pi d_{ср} \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} (\rho - \alpha),$$

где  $Z$  — число начальных витков (2...3);  $\operatorname{tg} \alpha = \mu$  — коэффициент трения;  $\alpha$  — угол наклона резьбы;  $\rho$  — угол

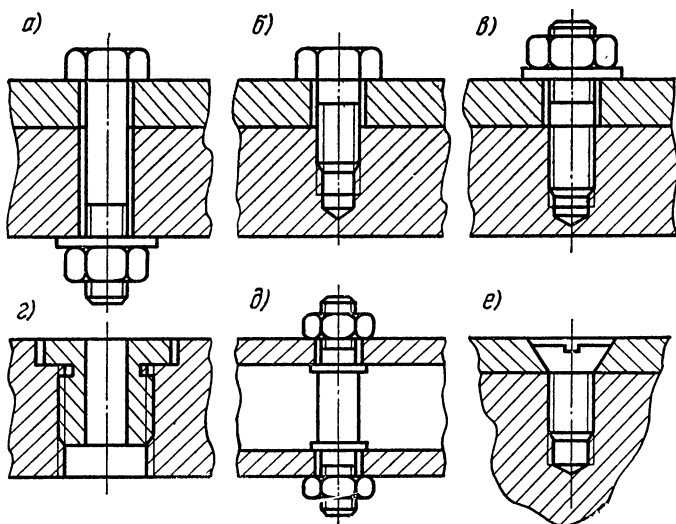


Рис. 3.1. Резьбовые соединения при сборке: а — болтовое; б, в — винтовое; в — шпильчное; г — резьбовой втулкой; д — распорное

трения;  $d_{ср}$  — средний диаметр резьбы;  $C$  — жесткость пружины (инструмента), создающей осевое усилие;  $H$  — величина предварительного сжатия этой пружины.

Завинчивание завершается затяжкой, создающей неподвижность соединения. В этой фазе крутящий момент играет большую роль, так как от его соответствия размерам и назначению резьбового соединения во многом зависит прочность последнего.

Шпильки, ввинченные в корпус, стопорятся одним из трех способов: коническим сбегом резьбы, упорным буртом или тугой резьбой с натягом по среднему диаметру.

Для более равномерного распределения нагрузки по виткам резьбы (в связи с этим и повышения прочности соединения) в резьбу корпуса иногда предварительно

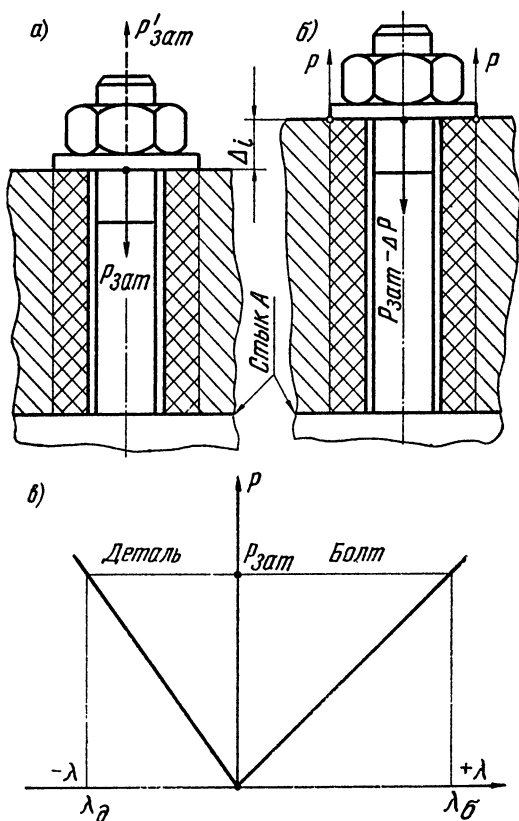


Рис. 3.2. Схема затяжки резьбового соединения (а, б) и график растяжения болта и сжатия стягиваемой детали (в):

$P_{зат}$  — сила, действующая на сталь при затяжке соединения;  $P'_{зат}$  — сила, растягивающая болт при затяжке;  $P$  — рабочая сила, действующая на деталь при работе соединения

ввинчивают спиральную вставку из стальной проволоки ромбического сечения. Вставка увеличивает в корпусной детали поверхность среза резьбы, вследствие чего ее прочность и износостойкость заметно повышаются. Особенно это важно учитывать в тех случаях, когда корпус выполнен из материала менее прочного, чем шпилька (например, из алюминиевого сплава).

Болтовые и винтовые соединения собираются двумя способами: с предварительной затяжкой и без затяжки. Соединения первого типа наиболее распространены.

Степень предварительной затяжки болта или винта зависит от сил, нагружающих соединение. Под действием силы затяжки  $P_{\text{зат}}$  болт, винт или шпилька удлиняются на величину  $\Delta_b$ , а деталь (в виде элементарного полого цилиндра, эквивалентного по жесткости фланцу) сжимается на величину  $\Delta_d$ . Таким образом,  $\Delta_b = \Delta_d$  и  $\frac{\Delta_b}{\Delta_d} = \frac{E_d F_d}{E_b F_b}$ , где  $E_d$  и  $E_b$  — модули упругости соответственно детали и болта;  $F_d$  и  $F_b$  — поперечные сечения соответственно болта и детали (условного цилиндра). В момент, когда на соединение при его работе в машине или механизме начнет действовать сила  $P$  (рабочее усилие), болт или шпилька удлинится на величину  $\Delta_l$  и на ту же величину уменьшится деформация стягиваемой детали. При этом сила давления болта или винта на деталь (элементарный полый цилиндр) уменьшится до величины  $P_{\text{зат}} - \Delta P$ . Под действием этой силы обеспечивается уплотнение стыка (рис. 3.2), а величина

$$\Delta P = \frac{P}{1 + \frac{E_b F_b}{E_d F_d}}.$$

Таким образом, во время работы соединения на болт, винт или шпильку действует сила  $P_{\text{зат}} - \Delta P = P$ . Если  $P_{\text{зат}} > \Delta P$ , то зазора в стыке  $A$  не будет (условие нераскрытия стыка). Соотношение  $P_{\text{зат}} = \Delta P$  характеризует так называемую минимально необходимую затяжку. Уменьшение предварительной затяжки до величины  $P_{\text{зат}} < \Delta P$  приведет к раскрытию стыка, и внешняя нагрузка будет полностью передаваться на болт, винт или шпильку.

Если  $P_{\text{зат}} - \Delta P = kP$ , где  $k = 0,75 \dots 1,0$  — коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей соединения, то сила предварительной затяжки может быть найдена из выражения

$$kP + P = P_{\text{зат}} + P - \frac{P}{1 + \frac{E_b F_b}{E_d F_d}},$$

откуда

$$P_{\text{зат}} = P \left( k + \frac{1}{1 + \frac{E_b F_b}{E_d F_d}} \right).$$

Увеличение силы  $P_{зат}$  и точный ее контроль являются необходимым условием надежной работы резьбовых соединений. Отсюда следует, что для ответственных соединений затяжку резьбовых элементов необходимо контролировать по моменту:

$$M_{зат} = P_{зат} \left[ \frac{d_{ср}}{2} \left( \frac{P}{\pi d_{ср}} + \frac{\mu_p}{0,866} \right) + \mu_t \frac{D^3 - d_1^3}{3(D^2 - d_1^2)} \right],$$

где  $d_{ср}$  — средний диаметр резьбы;  $\mu_p$  — коэффициент трения в резьбе;  $D$  — диаметр фланца под болтом (гайкой);  $\mu_t$  — коэффициент трения под фланцем;  $d_1$  — отверстие под болт.

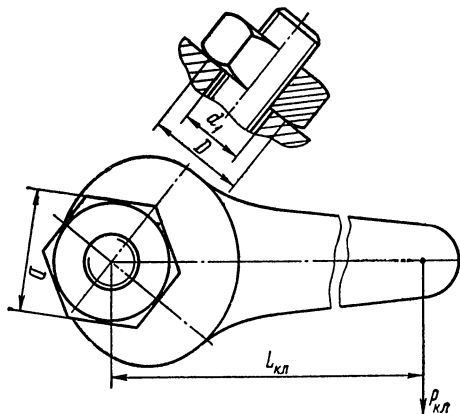


Рис. 3.3. Схема к расчету затяжки резьбового соединения

Если принять, что  $\mu_p = \mu_t = 0,16$ ;  $D = 1,7 d_1$ ;  $d_{ср} = d$  ( $d$  — диаметр резьбы), то  $P_{к\lambda} = (0,2 \dots 0,25) P_{зат} \frac{d}{L_{к\lambda}}$ , где  $P_{к\lambda}$ ,  $L_{к\lambda}$  — силы и плечо на ключе (рис. 3.3).

Следует иметь в виду, что бесконтрольная затяжка болтов (винтов, шпилек) особенно при диаметрах до 14 мм может привести к разрыву элемента (болта, винта, шпильки). Если принять, что предел прочности при затяжке  $\sigma_{зат} = \frac{M_{к\lambda}}{0,1 \pi^3} = \frac{P_{к\lambda} L_{к\lambda}}{0,1 d^3}$ , то при  $L_{к\lambda} = 20d$ , он будет  $\sigma_{зат} = 200 \frac{P_{к\lambda}}{d^2}$ .

Если, например  $P_{к\lambda} = 50$  кгс, а  $d = 10$  мм, то полученное значение  $\sigma_{зат} = 100$  кгс/см<sup>2</sup> превышает предел прочности ряда марок сталей. Поэтому момент, созда-

ваемый при затяжке на ключе, должен быть  $M_{\text{кл max}} \leq 0,1d^3\delta_B$ , где  $\delta_B$  — предел прочности материала болта, винта или шпильки.

Для контроля величины затяжки резьбовых соединений применяют специальные динамометрические ключи. Затяжка гаек выполняется с соблюдением определенных требований. При соединении плоских деталей вначале затягивают средние гайки (рис. 3.4), затем две соседние справа и слева, после чего снова две соседние справа и т. д., постепенно приближаясь к краям по так называемому методу спирали. Это позволяет избежать коробления деталей.

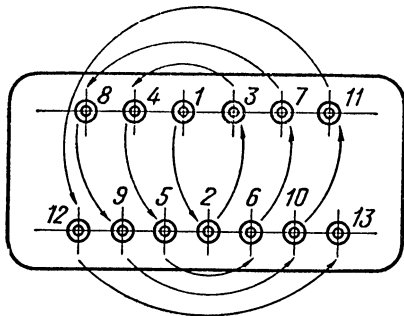


Рис. 3.4. Схема возможной последовательности затяжки гаек

Стопорение резьбовых соединений предохраняет их от развинчивания, позволяет сохранить исходное состояние затяжки. На практике уменьшение степени затяжки зависит от разных причин: влияния знакопеременных нагрузок, вибраций, наличия смазки и т. д. Самопроизвольное ослабление затяжки резьбового соединения может привести к нарушению работы сборочной единицы и машины в целом, быть причиной аварии.

Одна из основных конструктивных мер борьбы с самоотвинчиванием — стопорение. Существует несколько способов стопорения резьбовых соединений. Среди них — создание дополнительных сил трения путем осевого или радиального давления (стопорение контргайкой, винтом, самостопорящимися гайками); взаимная фиксация гайки одной из скрепляемых деталей относительно болта или фиксация нескольких гаек или винтов (стопорение шплинтом, пружинными или деформируемыми шайбами, проволокой); накерниванием или сваркой (рис. 3.5).

Винты (или болты) с открытыми головками часто стопорят мягкой проволокой, что особенно надежно предохраняет их от отвинчивания. При этом отверстия в

головках должны быть просверлены заранее до постановки винтов. Проволоку в отверстия следует вводить крест-накрест так, чтобы натяжение, получающееся после стягивания ее концов, создавало момент, действующий в направлении затяжки. Концы проволоки скручивают и обрезают на расстоянии 5...7 мм от начала скрутки.

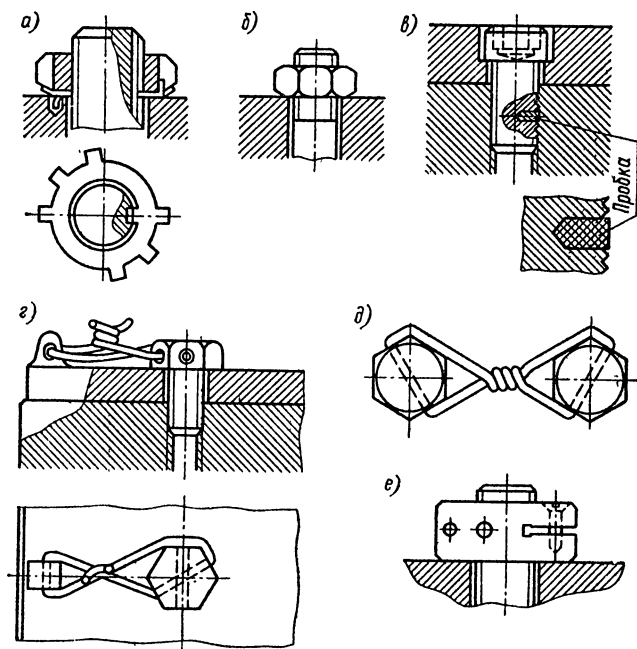


Рис. 3.5. Примеры стопорения резьбовых соединений: а — шайбой; б — сваркой (накерниванием); в — пробкой из упругого материала; е — с использованием специальных гаек; г, д — проволокой

Степень использования в машиностроении стопорения различными способами характеризуется следующими данными: упругие шайбы — 75...80%, шплинты — 10...12%, специальные шайбы — 5...7%, проволока — 1...2%.

Распространенность резьбовых соединений, их многообразие определяет достаточно большую номенклатуру инструмента, применяемого на операциях сборки этих соединений (рис. 3.6).

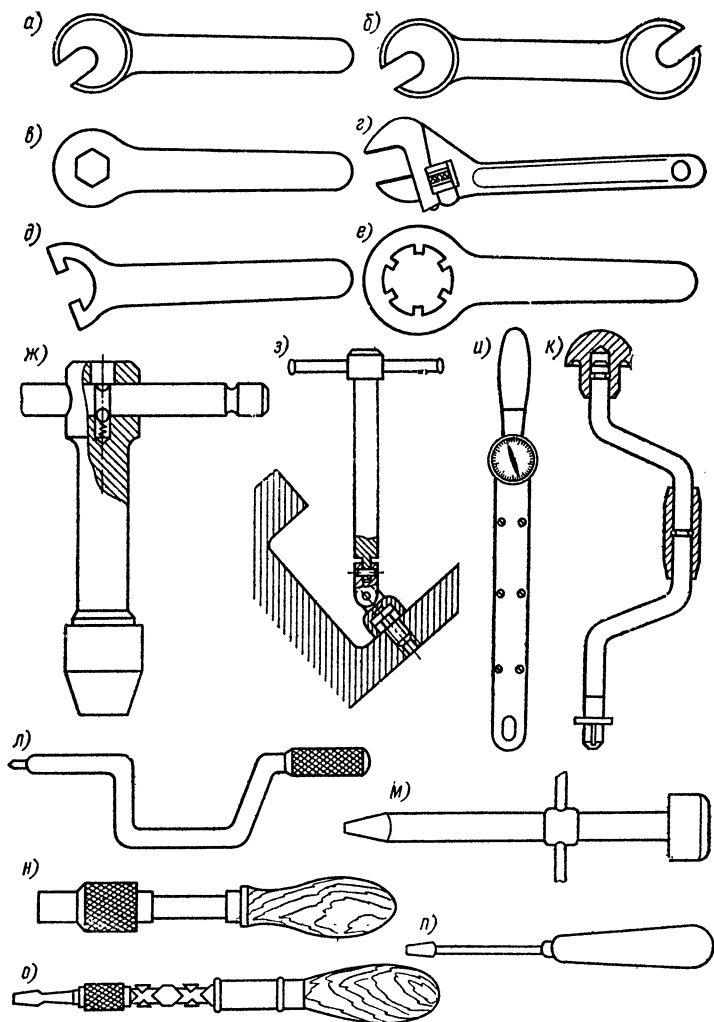


Рис. 3.6. Ручной инструмент для сборки резьбовых соединений  
 ключи: *а* — односторонний; *б* — двусторонний; *в* — накладной;  
*г* — разводной; *д* — накидной открытый для круглых гаек; *е* —  
 накидной закрытый для круглых гаек; *ж* — торцовый; *з* — тор-  
 цовый шарнирный; *и* — тарированный; *к* — коловоротный; от-  
 вертки: *л* — коловоротная; *м* — воротковая; *н* — с направляющей  
 втулкой; *о* — с двойной винтовой канавкой; *п* — обычная

### 3.2. Сборка шпоночных и шлицевых соединений

Работоспособность и надежность сборочной единицы со шпонками зависит от строгого соблюдения посадок в сопряжениях шпонки с валом и охватываемой деталью. Как правило, в паз вала шпонка устанавливается плот-

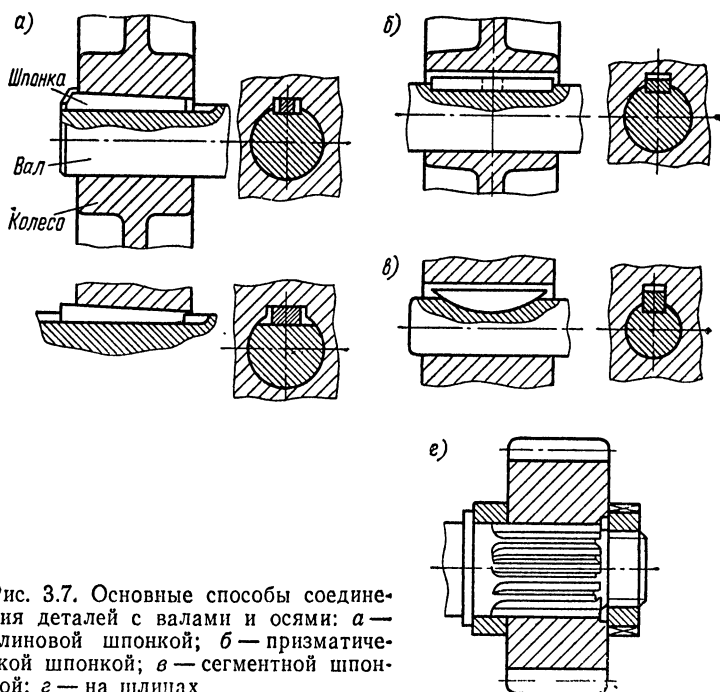


Рис. 3.7. Основные способы соединения деталей с валами и осями: *а* — клиновой шпонкой; *б* — призматической шпонкой; *в* — сегментной шпонкой; *г* — на шлицах

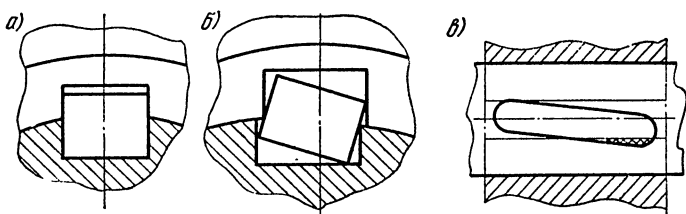


Рис. 3.8. Схема соединения со шпонкой: *а* — правильно собранное; *б* — неправильно собранное; *в* — с перекосом оси шпоночного паза

но или даже с натягом, а в пазу ступицы посадка будет более свободной. При монтаже на вал охватывающей детали необходимо следить за тем, чтобы она центриро-



валась исключительно на цилиндрической или конической поверхности вала.

В зависимости от условий работы и воспринимаемой нагрузки в шпоночных соединениях широко используют клиновые, призматические и сегментные шпонки (рис. 3.7).

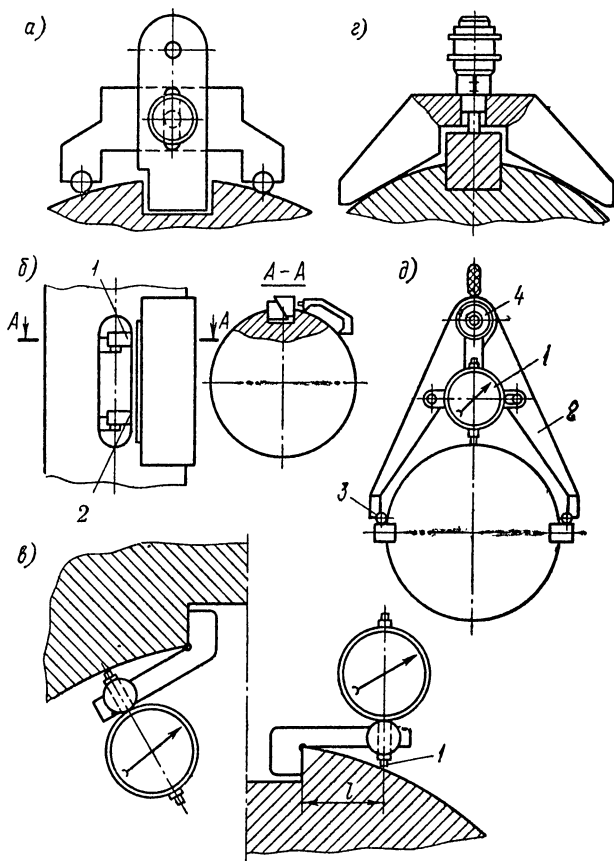


Рис. 3.9. Схемы контроля при сборке ответственных соединений со шпонками

Увеличенные зазоры — одна из основных причин нарушения распределения нагрузок, вызывающего смятие и разрушение шпонки (рис. 3.8). Во избежание этого осуществляют пригонку паза. Параллельность его стенок обеспечивается шаблоном. После пригонки стенок шаблят дно паза. Контроль глубины паза осуществ-

ляют с помощью шаблона и щупа (рис. 3.9, а). Положение боковых стенок вала относительно его оси проверяют при помощи клиновых плиток (рис. 3.9, б), которые укладываются в паз. Затем щупом контролируют зазоры в точках 1 и 2. При отсутствии перекаса они должны быть одинаковыми.

При контроле перекаса паза используют индикаторные приборы (рис. 3.9, в). Если перекас отсутствует, то размер  $l$  на одном и другом концах паза будет одинаковым.

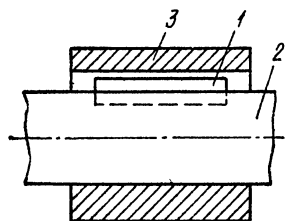


Рис. 3.10. Схема сборки узла со шпонкой

По окончательно обработанному пазу пришабривают шпонку. После установки ее в паз проверяют высоту выступающей части шпонки при помощи микрометрической головки и мостика (рис. 3.9, г). Взаимное расположение шпонок на валу (рис. 3.9, д) контролируют индикатором 1, укрепленным на раздвижных ножках 2 цилиндрическими валиками 3. Винт 4 фиксирует положение ножек.

Показания индикатора при перемещении его вдоль шпонки должны быть одинаковыми.

Последовательность сборки шпоночных соединений определяется их конструкцией. Например, при сборке узла со шпонкой (рис. 3.10) вал устанавливают в тиски и закрепляют. Затем следует посадить шпонку 1 в шпоночный паз детали 2, проверить посадку по специальному кольцу 3 на краску. При необходимости боковую поверхность шпонки пришабривают.

Шлицевые соединения в зависимости от применяемой посадки центрирующих поверхностей бывают тугоразъемными, легкоразъемными и подвижными. В тугоразъемных соединениях охватываемую деталь обычно напрессовывают на вал при помощи специального приспособления или на прессе.

### 3.3. Сборка неподвижных конических соединений

Сборку конического соединения начинают с подбора охватываемой детали по конусу вала. Проверку ведут по краске, на качку, а также по глубине посадки охватываемого конуса на валу.

Напряженность посадки и необходимый натяг в коническом соединении создаются запрессовкой охватывающего конуса на охватываемый (рис. 3.11). Усилие запрессовки определяется формулой:

$$P_k = pF(\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \alpha),$$

где

$$F = \frac{\pi(D+d)}{2} \frac{l}{\cos \alpha}$$

— площадь поверхности контакта в коническом соединении;  $\varphi$  — угол трения;  $p$  — контактное напряжение.

При разборке  $P_k = pF(\operatorname{tg} \varphi' - \operatorname{tg} \alpha)$ . Самоторможение будет наблюдаться при  $\operatorname{tg} \varphi' - \operatorname{tg} \alpha > 0$  или при  $\frac{D-d}{2} < 2 \operatorname{tg} \varphi'$ .

Таким образом, от величины угла  $\alpha$  зависят прочность и надежность конического соединения, а также усилия запрессовки и распрессовки. При малых углах  $\alpha$  сила, требуемая для распрессовки, увеличивается и иногда даже превышает силу запрессовки.

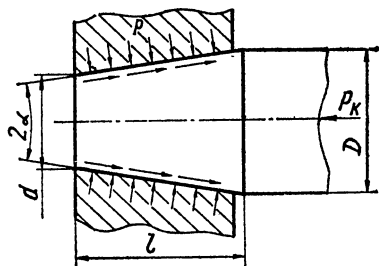


Рис. 3.11. Схема неподвижного конического соединения.

### 3.4. Сборка неподвижных неразъемных соединений

Большинство разновидностей неподвижных неразъемных соединений может быть отнесено к одной из трех конструктивных групп: соединения с силовым замыканием, в которых относительная неподвижность деталей обеспечивается механическими силами, возникающими в результате пластических деформаций; соединения с геометрическим замыканием, осуществляемым благодаря форме сопрягаемых деталей; соединения, в основе которых лежат молекулярные силы — сцепление или адгезия.

В машиностроении наиболее распространена сборка соединений с гарантированным натягом, сварных, паяных, склеиваемых и заклепочных.

Сборка соединений на основе тепловых методов. По способу получения нормальных

напряжений на сопрягаемых поверхностях соединения с гарантированным натягом условно делятся на продольно-прессовые и поперечно-прессовые. В поперечно-прессовых соединениях сближение сопрягаемых поверхностей происходит радиально или нормально к поверхности. Такие соединения собирают одним из следующих методов: нагреванием охватывающей детали перед сборкой; охлаждением охватываемой детали; путем пластической деформации (например, развальцовки); упругой деформацией охватываемой детали.

Сборку с нагревом охватывающей детали осуществляют в тех случаях, когда конструкцией соединения предусмотрены значительные натяги. При тепловых посадках создаются натяги, средняя величина которых примерно в 2 раза больше натягов при обычных посадках  $H/r$ ,  $H/s$  (прессовых).

Нагрев применяют также при сборке тяжело нагруженных соединений, требующих высокой прочности, или в тех случаях, когда охватывающая деталь выполнена из материала, имеющего высокий коэффициент линейного расширения, а само соединение подвергается в машине воздействию повышенных температур. Если такое соединение собрать без нагрева, то в процессе эксплуатации его прочность значительно снизится. Нередко нагрев детали применяют и при сравнительно небольших натягах, что облегчает процесс сборки и способствует сохранению качества поверхностей сопрягаемых деталей.

Прочность тепловых посадок объясняется тем, что при их выполнении микронеровности сопрягаемых поверхностей не сглаживаются, как при холодной запрессовке, а как бы сцепляются друг с другом.

Время на запрессовку крупногабаритных деталей, собираемых с нагревом или охлаждением, сокращается в 2...4 раза. При этом часто отпадает надобность в тяжелых прессах, что упрощает и удешевляет процесс сборки.

Температура, до которой следует нагревать охватывающую деталь 1 (рис. 3.12, а), определяется из условия, что величина  $\kappa \cdot t_n d_1$  будет больше величины натяга  $\Delta$  ( $\kappa_\alpha$  — коэффициент линейного расширения материала детали;  $t_n$  — температура нагрева;  $d_1$  — диаметр отверстия). Так как  $\Delta = d - d_1$ , то  $\kappa_\alpha t_n d_1 > d - d_1$ , откуда  $t_n = \frac{d - d_1}{\kappa_\alpha d_1}$ . Если принять, что изменение натяга  $\Delta$  подчиняется зависимости  $\Delta = 0,015 + 0,001 d_1$ , то минимальная

температура нагрева  $t_n = \frac{1}{k_\alpha} \left( \frac{0,015}{d_1} + 0,001 \right)$ . Для стальных деталей  $t_n = \left( \frac{1350}{d_1} + 90 \right)$ . С учетом начальной температуры  $t_{нач}$  общая температура охватывающей детали после нагрева  $t_\Sigma = t_n + t_{нач}$ . Обычно эта температура не превышает 623 ... 643 К (350 ... 370 °С). Большой нагрев не рекомендуется из-за возможных повышенных деформаций или фазовых превращений.

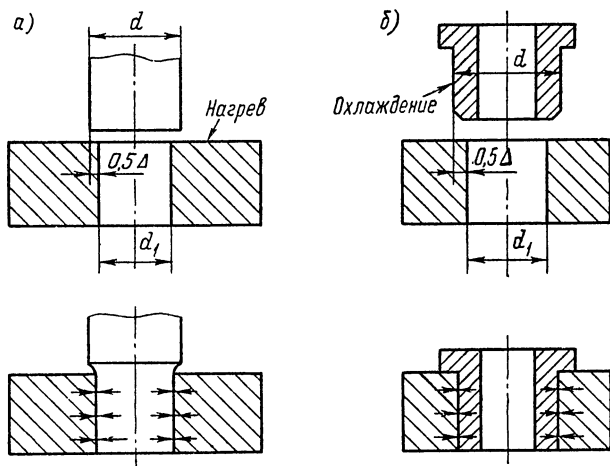


Рис. 3.12. Схема соединений с нагревом (а) охватывающей или охлаждением (б) охватываемой детали

Нагрев деталей выполняют в различных печах, термостатах или на специальных установках. Охватывающую деталь после нагрева охлаждают потоком воздуха, в масляной ванне или водным раствором нитрита натрия. В первом случае дополнительные напряжения в детали будут минимальны, а при охлаждении раствором или маслом они могут достигать значительной величины.

Прочность соединений, выполняемых с нагревом охватывающей детали, повышается, если поверхность сопряжения покрывается промежуточным слоем материала: при покрытии свинцом — в 1,4 раза, цинком — в 2,7 раза, синтетическим покрытием с толщиной пленки 20 мкм — в 1,6 раза.

Сборка с охлаждением охватываемой детали (рис. 3.12, б) имеет ряд преимуществ перед горячей посадкой.

Нагрев деталей сложной формы может явиться причиной возникновения температурных напряжений, местных деформаций, снижения твердости и окисления поверхностей деталей. Сборка с применением холода не имеет этих недостатков. Кроме того, процесс охлаждения достаточно прост, так как охватываемые детали всегда меньше по массе и габаритам, чем охватывающие. При этом в сборочной единице их может быть несколько (в одном корпусе несколько втулок).

Прочность соединений, собранных с охлаждением охватываемой детали, при прочих равных условиях в 2...2,5 раза выше прочности соединений, выполненных с холодной запрессовкой. Однако в некоторых марках сталей при низких температурах возможны активные фазовые превращения, в результате которых размеры деталей могут увеличиваться. Это сопровождается заметным ростом натяга, что может быть причиной снижения качества сборки. Поэтому не следует охлаждать стальные детали ниже тех температур, которые необходимы по условиям сборки соединений. В некоторых случаях рост размеров стальной детали при превращении остаточного аустенита в мартенсит в процессе глубокого охлаждения можно использовать для получения неподвижных соединений. Детали соединяют с небольшим зазором, и собранную сборочную единицу охлаждают. В результате в сопряжении возникает натяг.

Охлаждение до 198 К ( $-75^{\circ}\text{C}$ ) производят при помощи твердой углекислоты (сухого льда). Возможно также предварительное охлаждение в спирте или ацетоне. Для этого в жидкость добавляют кусочки твердой углекислоты (а не наоборот, чтобы избежать бурного выделения паров  $\text{CO}_2$ ). Расход сухого льда должен составлять 18...20% от массы охлаждаемых деталей.

Посредством холодильных машин температура охлаждения может быть доведена до 173 К ( $-100^{\circ}\text{C}$ ). При необходимости можно получить более низкие температуры, применяя жидкий воздух  $-83...78$  К ( $-190...-195^{\circ}\text{C}$ ) или жидкий азот  $-78,2$  К ( $-195,8^{\circ}\text{C}$ ).

Сборка соединений путем пластической деформации деталей. Пластическую деформацию используют при сборке соединений, натяг в которых создается радиальным расширением охватываемой или сжатием охватывающей детали. Основная цель применения этого способа — обеспечить неподвижность и герметичность собираемых соединений. Разбор-

ка таких соединений во многих случаях сопровождается порчей одной или обеих деталей.

Наиболее распространенными видами пластической деформации являются вальцевание, раздача, бортование, осадка, деформирование, обжатие.

Сборка продольно-прессовых соединений. Продольно-прессовые соединения сравнительно широко распространены в конструкциях машин. Трудоемкость их сборки составляет 10...12% от общей трудоемкости сборочных работ. Процесс сборки продольно-

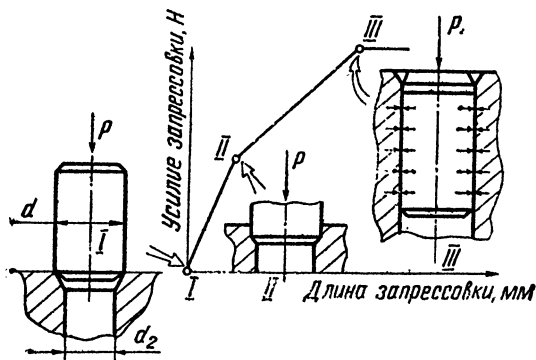


Рис. 3.13. Схема получения продольно-прессового соединения:

I — ориентация детали; I—II — наживление; II—III — запрессовка

прессовых соединений заключается в том, что к одной из двух деталей, охватываемой или охватывающей, прикладывается осевая сила, надвигающая детали друг на друга (рис. 3.13). Сила запрессовки растет от нуля до некоторого максимального значения.

Так как наружный диаметр охватываемой детали больше, чем диаметр отверстия охватывающей детали, то при относительном продольном перемещении их в процессе сборки происходит деформирование металла (явления механического и молекулярного характера). В результате на поверхности контакта возникают значительные нормальные давления и силы трения, которые препятствуют сдвигу этих деталей. В таких соединениях обычно не требуются дополнительные конструктивные крепления деталей.

Необходимый для данного соединения натяг определяется при расчете посадок. Наибольшая сила запрес-

совки для сборки продольно-прессового соединения с гарантированным натягом может быть найдена по формуле:

$$P = f_{\text{зап}} \pi [p] dL, \text{ Н,}$$

где  $f_{\text{зап}}$  — коэффициент трения при запрессовке;  $[p]$  — давление на поверхности контакта, МПа;  $d$  — диаметр охватываемой детали по поверхности сопряжения, мм;  $L$  — длина запрессовки, мм.

Запрессовку деталей производят после обеспечения правильного направления детали. В ряде случаев на деталях делают соответствующие заходные фаски или пояски. Неточность сопряжения, особенно в период наживления, может быть источником брака: задиров, трещин.

Для запрессовки используют, как правило, специальные прессы и приспособления.

### **3.5. Сварка, пайка, склеивание при сборке**

Сварка широко применяется в сборочных операциях для создания неразъемных соединений. Неразъемные соединения в процессе сварки образуются посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого. Связи элементарных частиц и молекул могут быть ковалентными, ионными, молекулярными и металлическими.

Ковалентные и ионные связи по природе являются химическими и возникают в процессе сварки неметаллов с металлами. Молекулярные связи — наиболее слабые, они устанавливаются при сварке пластмасс.

Металлические связи характерны для кристаллических тел, в частности для металлов.

В основу классификации сварки положены физические, технические и технологические признаки (ГОСТ 19521—74). По физическим признакам (в зависимости от формы энергии, применяемой для образования сварного соединения) все виды сварки делятся на три класса: термический, термомеханический и механический. Источник энергии, используемый для получения сварного соединения, определяет вид сварки (табл. 3.1).

Термический класс включает виды сварки, производимой на основе тепловой энергии, получаемой преобра-



## Классификация сварки

Классы сварки (по форме энергии)	Виды сварки (по виду источника энергии)
Термический	Дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменно-лучевая, ионно-лучевая, тлеющим разрядом, световая, индукционная, газовая, термитная, литейная
Термомеханический	Контактная, диффузионная, индукционно-прессовая, газопрессовая, термокомпрессионная, дугопрессовая, шлакопрессовая
Механический	Холодная, взрывом, ультразвуковая, трением, магнитоимпульсная

зованием электрической или химической энергии. Все виды сварки термического класса являются сваркой плавлением, так как свариваемые поверхности металлов здесь нагреваются до температуры плавления.

Для термомеханического класса сварки характерно использование различных источников для нагрева соединяемых частей. Однако для образования сварного соединения кроме тепловой энергии необходимо приложение внешнего давления. Сварные соединения образуются пластическим деформированием металла свариваемых поверхностей.

Механический класс включает виды сварки, которые осуществляются с применением механической энергии и давления.

Все виды сварки классифицированы по техническим признакам, т. е. по способам защиты металла в зоне сварки, непрерывности процесса и степени механизации. Каждый вид сварки имеет также классификацию по технологическим признакам.

Холодная сварка — один из наиболее простых способов получения неразъемного соединения металлов. Соединение металлов при холодной сварке происходит вследствие совместного деформирования свариваемых частей без внешнего нагрева их. Холодная сварка металлов возможна при отрицательных температурах, вплоть до температуры жидкого азота.

Величина (степень) пластической деформации определяет возможность получения неразъемного соединения и, по существу, является основой холодной сварки. Пластическая деформация металла при холодной сварке возникает в месте соединения под действием сил, вызванных усилием осадки  $P$  (рис. 3.14, а). Усилие осадки  $P$  направлено нормально к поверхности соединения, а пластическая деформация  $\varepsilon$  — параллельно. Образова-

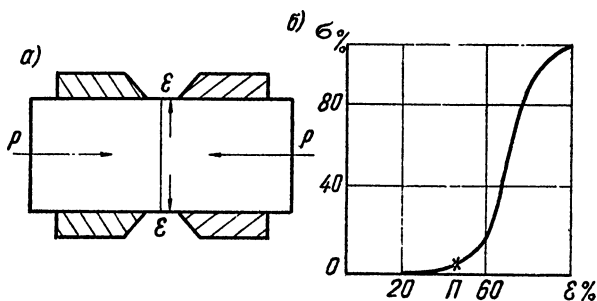


Рис. 3.14. Схема холодной стыковой сварки (а) и зависимость прочности соединения от величины деформации (б)

ние соединения на контактирующих поверхностях возможно только при достижении некоторой критической степени (пороговое значение) деформации  $\Pi$  (рис. 3.14, б). Если степень деформации превышает пороговое значение  $\Pi$  и при этом прочность соединения достигает прочности основного металла, то образование соединения происходит по всей площади контактирования.

Холодной сварке поддаются металлы и сплавы, обладающие высокой пластичностью. Перспективно применение холодной сварки для соединения разнородных металлов. При этом возможно использование прокладок и покрытий из пластичных металлов, например алюминия, меди, никеля.

Холодной сваркой выполняют стыковые, нахлесточные и тавровые соединения. Перед сваркой с поверхностей деталей устраняют крупные неровности, мелкие удалять не обязательно. Для подготовки поверхностей используют вращающиеся с частотой 1500—3000 об/мин проволочные щетки диаметром 100—200 мм с диаметром проволочек 0,2...0,3 мм. Детали из меди и других сплавов обрабатывают нанесением слоя никеля тол-

щиной 6...10 мкм электролитическим или химическим способом. Не рекомендуется обрабатывать поверхности абразивами, применять химическое травление деталей, так как это ухудшает развитие пластической деформации.

Основными достоинствами холодной сварки являются отсутствие плавления металла в зоне сварки, малые затраты энергии, высокая производительность, хорошая

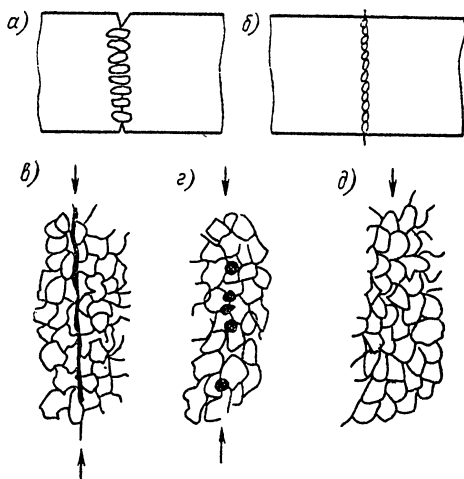


Рис. 3.15. Стадии диффузионной сварки; а—установление физического контакта; б—активизация поверхностей и образование химических связей; развитие стадии объемного взаимодействия; в—заращивание несплошностей на границе раздела; г—миграция границы раздела; д—заращивание пор в объеме зерен

свариваемость пластичных материалов, простота, надежность и портативность оборудования.

*Диффузионная сварка* является одним из видов сварки давлением. Она осуществляется благодаря взаимной диффузии атомов соединяемых поверхностей при относительно длительном воздействии повышенной температуры и незначительной пластической деформации. Соединяемые поверхности давлением сближаются на расстояние действия межатомных сил. Нагрев металла до относительно невысоких температур приводит к уменьшению сопротивления его пластическим деформациям.

Схема процесса диффузионной сварки может быть представлена в следующей последовательности: образование физического контакта между поверхностями; образование химических связей, т. е. химическое взаимодействие; объемное развитие взаимодействия в контактной зоне, характеризующееся диффузионными процессами (рис. 3.15).

Диффузионную сварку проводят в специальных установках (рис. 3.16). В вакуумной камере 1, охлаждае-

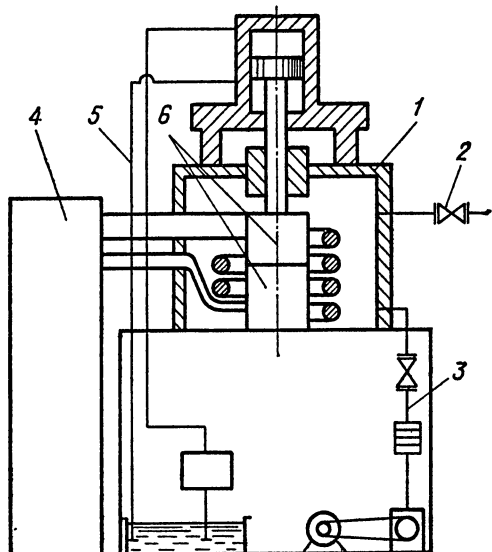


Рис. 3.16. Установка для диффузионной сварки

мой проточной водой от магистрали через вентиль 2, размещают свариваемые детали 6. С помощью вакуумных насосов 3 в камере создается разрежение  $10^{-2} \dots 10^{-5}$  мм рт. ст. После откачки воздуха из камеры детали нагревают с помощью индуктора, питаемого от высокочастотного генератора 4. Усилие сдвигания деталей обеспечивается гидросистемой 5.

Основным достоинством диффузионной сварки является возможность получения высококачественных соединений без ограничения соотношения толщин различных металлов и сплавов, а также соединений металлов с неметаллическими материалами.

*Сварка взрывом.* Схема сварки двух пластин взры-

вом представлена на рис. 3.17. Одну из пластин 4 неподвижно устанавливают на основании 5, а вторую пластину 3 — над ней на высоте  $h$  от ее поверхности. Заряд 2 взрывчатых веществ (ВВ) укладывают на поверхность пластины 3 слоем толщиной  $H$  и взрывают электродетонатором 1. В результате вдоль слоя ВВ возникает плоская детонационная волна. Продукты взрыва (окись углерода, водяной пар, окислы азота и др.) сначала сохраняют свой объем, а затем при расширении

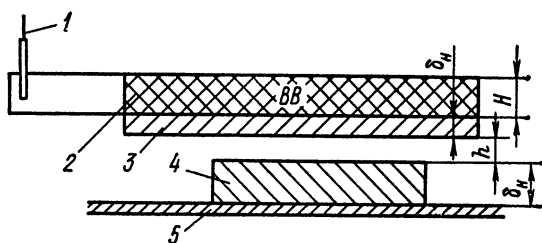


Рис. 3.17. Схема сварки взрывом двух пластин

разлетаются в стороны по нормальям к свободным поверхностям заряда. Детонационная волна, имеющая высокую скорость и давление, сообщает участку металла пластины 3 скорость соударения, с которой последняя движется к неподвижной пластине 4.

Широкое применение сварки взрывом объясняется рядом достоинств: за короткое время ( $10^{-5}$ ... $10^{-6}$  с) можно сваривать соединения неограниченной площади; соединять однородные и разнородные металлы, биметаллы, волокнистые, композиционные материалы; получать монолитные металлы из порошков.

*Ультразвуковая сварка* используется для соединения тонких пленок с проводниками; тонких листов фольги с деталями неограниченной толщины; пакетов из фольги; синтетических тканей; пластмассы с металлами. Сущность процесса ультразвуковой сварки состоит в том, что неразъемное соединение образуется при совместном воздействии на детали упругих колебаний ультразвуковой частоты и относительно небольшого давления. Схема ультразвуковой сварки металлов продольными колебаниями показана на рис. 3.18.

Электрические колебания ультразвуковой частоты 22—28 кГц, вырабатываемые генератором, подаются на обмотку возбуждения 7. С помощью магнитострикцион-

ного преобразователя 1 они преобразуются в механические колебания волновода 2, сварочного инструмента 4 и вводятся в свариваемые детали 5. Для стабильного ввода механических колебаний в зону сварки и тесного контакта между нагретыми поверхностями соединяемые детали сдавливаются специальным устройством 3 с определенным усилием  $P$  между сварочным инструментом 4 и опорой 6.

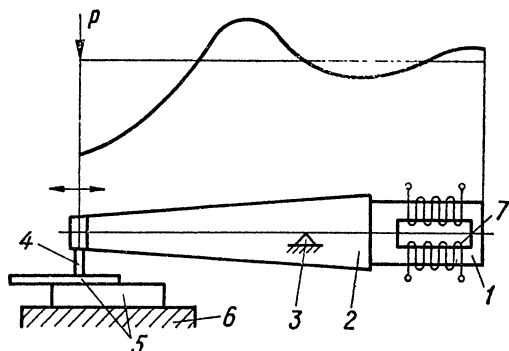


Рис. 3.18. Схема ультразвуковой сварки металлов продольными колебаниями

**Дуговая плазменная сварка.** Для получения плазменной струи используют специальные устройства (рис. 3.19). При сварке плазменной струей прямого действия изделие включается в сварочную цепь дуги, а при сварке струей косвенного действия оно является независимым элементом. При втором способе можно производить и другие виды обработки: напыление, пайку, термообработку.

Для получения плазменной струи прямого действия в горелку или плазматрон подается поток плазмообразующего газа 3. Зажигание вспомогательной дуги между вольфрамовым электродом 2 и соплом 4 осуществляется при помощи высокочастотного генератора переменного тока небольшой мощности 1, при этом ток вспомогательной дуги ограничивается сопротивлением 7. Затем возбуждается основная — рабочая дуга между вольфрамовым электродом 2 и изделием 6. Сжатая дуга 5 — плазменная струя — образуется в сопле при обдувании потоком газа.

В качестве плазмообразующих газов используют аргон, гелий, азот, водород, смеси этих газов.

Лазерная сварка. Принцип действия импульсного оптического квантового генератора (лазера) на твердом излучателе показан на рис. 3.20. ОКГ состоит из активного элемента — кристалла рубина *б* с резонатором и системы оптической накачки *б*. Для усиления излучения из активного элемента его помещают между двумя зеркалами *4* и *9*, которые совместно со стержнем образуют резонатор. Для исключения запыления зеркал

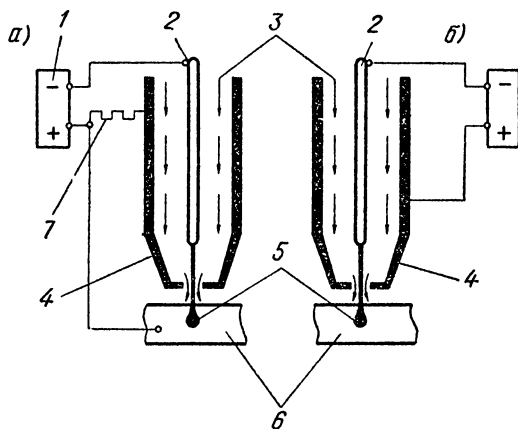


Рис. 3.19. Схема устройств для получения дуговой плазменной струи прямого (*а*) и косвенного (*б*) действия

предусмотрены защитные стекла *3* и *10*. Под воздействием света импульсной лампы *7*, которая работает при разряде на нее батареи конденсаторов, атомы рубина переходят в возбужденное состояние. В таком состоянии он способен усиливать и генерировать свет определенной длины волны. Благодаря отражению от зеркал резонатора и многократному прохождению излучения через стержень рубина мощность светового потока значительно увеличивается, достигая нескольких киловатт, при длительности импульса  $0,003...0,008$  с. Количество энергии, выделяемой в фокальном пятне нагрева, можно регулировать изменением диаметра светового пучка диафрагмой *8* и длительностью его воздействия на материал, а площадь самого пятна нагрева — перемещением линзы *11*. Свариваемые детали устанавливают на рабочий столик *15* в плоскости, где наблюдаются наименьшие поперечные размеры пучка. За свариваемыми дета-

лями, освещенными двумя лампочками 14, наблюдают через окуляр 17, зеркало 12 и объектив 13. Сетка 16 устанавливается в фокальной плоскости окуляра и служит для оценки размеров зоны проплавления.

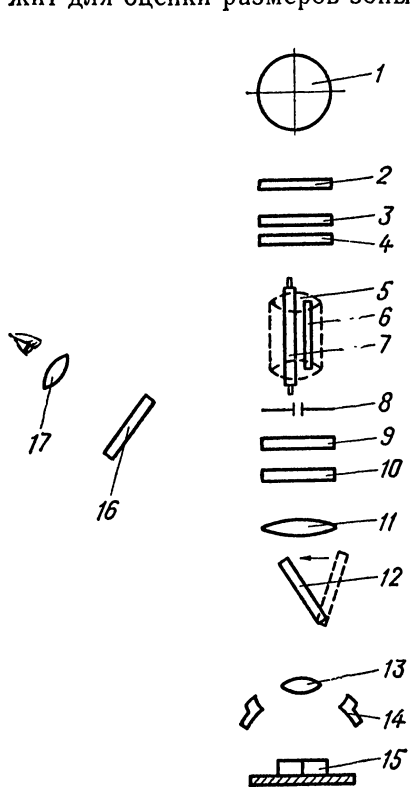


Рис. 3.20. Принципиальная схема установки для получения лазерного излучения:

1 — фотозлемент; 2 — зеркало; 3, 10 — защитное стекло; 4, 9 — зеркала; 5 — камера накачки; 6 — рубин; 7 — импульсная лампа; 8 — диафрагма; 11 — линза; 12 — поворотное зеркало; 13 — объектив; 14 — лампочки подсветки; 15 — рабочий столик с деталями; 16 — сетка; 17 — окуляр

*Электронно - лучевая сварка* заключается в использовании кинетической энергии электронов, быстро движущихся в вакууме. При бомбардировке электронами поверхности металла большая часть кинетической энергии превращается в тепловую. Электронный пучок образуется за счет эмиссии электронов с термокатода, который нагревается до температуры 1873... 2273 К (1600...2000 °С). Катоды изготавливаются в виде спирали, пластинки или таблетки из вольфрама, тантала, гексаборида лантана.

Принципиальная схема формирования электронного пучка для сварки приведена на рис. 3.21. Электронный пучок 3 образуется в электронной пушке, имеющей катод 1, который нагревается до высоких температур. На некотором расстоянии от катода расположен ускоряющий электрод (анод) 4. Катод распо-

ложен внутри прикатодного электрода 2. Для обеспечения свободного перемещения электронов от катода к аноду и далее к свариваемому изделию 7, а также с целью создания тепловой и химической изоляции катода и предотвращения возникновения дугового разряда в



пушке и камере установки создается глубокий вакуум.

Электронно-лучевую сварку применяют для соединения как малогабаритных, так и крупногабаритных изделий в различных отраслях машиностроения.

Пайка — способ образования соединений в результате смачивания твердых поверхностей более легкоплавким расплавленным (жидким) металлом — припоем. При смачивании происходит установление межатомных связей между соединяемыми деталями и расплавленным припоем. Конечная стадия пайки характеризуется диффузионными процессами, протекающими между припоем и поверхностями соединяемых металлов.

Схематично структуру паяного соединения можно представить состоящей из трех зон: припой, паяемый металл, зоны взаимодействия припоя и паяемого металла (диффузионные зоны).

В диффузионных зонах происходит взаимопроникновение элементов припоя и паяемого металла. В зависимости от их свойств и особенностей взаимодействия в этих зонах могут образовываться твердые растворы переменной концентрации или прослойки химических соединений.

Пайка классифицируется по различным признакам: по механизму образования соединения, по виду источников нагрева, по методу удаления окисной пленки и др. По механизму образования соединений она разделяется на пайку готовым припоем, контактно-реактивную, реактивно-флюсовую, металлокерамическую и диффузионную.

*Пайка готовым припоем* — обычная капиллярная пайка, при которой припой после расплавления под действием капиллярных сил затекает в зазор.

*Контактно-реактивная пайка* основана на получении

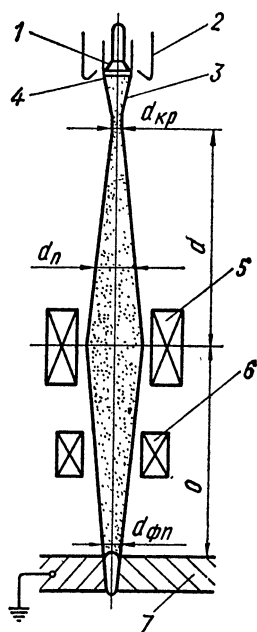


Рис. 3.21. Формирование электронного пучка для сварки:

1 — катод; 2 — прикатодный электрод; 3 — электронный пучок; 4 — ускоряющий электрод (анод); 5 — фокусирующая магнитная линза; 6 — магнитная система отклонения пучка; 7 — свариваемое изделие

жидкого припоя в результате плавления двух разнородных металлов, образующих сплавы с более низкой температурой плавления по сравнению с температурой плавления соединяемых металлов. Контактное плавление может также протекать между паяемыми металлами и покрытиями, нанесенными на них, или промежуточными тонкими прослойками, введенными непосредственно в зазор. При контактном плавлении детали нагреваются под небольшим давлением.

*Реактивно-флюсовая пайка* предполагает образование припоя в результате химической реакции между паяемыми металлами и компонентами, входящими в состав флюса.

*Металлокерамическая пайка* выполняется с помощью порошковых припоев, способных заполнять большие зазоры. Порошковый припой состоит из тугоплавкой основы (наполнителя), близкой по составу к паяемому металлу, и легкоплавкой составляющей, обеспечивающей смачивание частиц наполнителя и соединяемых поверхностей.

*Диффузионная пайка* основана на процессах взаимодействия элементов паяемого металла и припоя при кристаллизации паяного шва в ходе выдержки при постоянной температуре.

Классификация пайки по источникам нагрева и методам удаления окисной пленки приведена в табл. 3.2.

Для обеспечения смачивания паяемых поверхностей расплавленным припоем необходимо разрушение или

Таблица 3.2

Классификация пайки

По источнику нагрева	По методу удаления окисной пленки
1. Паяльником 2. Пламенем газовой горелки 3. Дуговая 4. Электросопротивлением 5. Индукционная 6. Экзотермическая 7. Плазменной горелки 8. Электронным лучом	9. Светом (инфракрасное излучение, лазер) 10. Погружением в расплавленный припой 11. Волной расплавленного припоя 12. Горячим газом 13. Полым катодом в вакууме 14. Нагретыми блоками
	1. Абразивная 2. Ультразвуковая 3. Флюсовая 4. В нейтральной газовой среде 5. В вакууме 6. В активной газовой среде

удаление окисных пленок, образующихся на поверхности соединяемых материалов. В некоторых случаях окисную пленку удаляют обработкой абразивом, шабрением и ультразвуком.

С помощью пайки ведут сборку различных типов соединений: нахлесточных, стыковых, тавровых, телескопических и др.

Элементами паяного соединения являются: зазор — расстояние между соединяемыми поверхностями до пайки; галтель — валик припоя вокруг паяного соединения, образуемый после пайки; паяный шов — расстояние между паяными поверхностями, заполненное припоем.

Технологический процесс пайки включает следующие основные операции: подготовка поверхностей, сборка деталей, укладка припоя и иногда нанесение флюса, собственно пайка (нагрев места соединения или общий нагрев собранных деталей), обработка деталей после пайки (удаление флюса и др.).

Припой — чистый металл или сплав, вводимый в зазор между соединяемыми поверхностями, отличающийся по составу от паяемых металлов (материалов), имеющий более низкую по сравнению с ними температуру плавления.

Для низкотемпературной пайки в основном используются припои на основе сплавов олово-свинец. Если к ним добавить висмут, кадмий, индий, галлий и другие металлы, то можно получить легкоплавкие припои, обладающие специальными свойствами и низкой температурой плавления, составляющей 343...423 К (70...150 °С). Они применяются для пайки со снижением температуры нагрева (полупроводниковые приборы), для ступенчатой пайки и др. Припои специального назначения имеют добавки серебра, сурьмы, меди.

Флюсы — химические вещества, используемые для предотвращения образования окисной пленки при нагреве в процессе пайки, а также снижения поверхностного натяжения припоя.

К флюсам предъявляются следующие требования: высокая жидкотекучесть, сохранение стабильности химического состава и активности в интервале температур плавления припоя, отсутствие химического взаимодействия с паяемым металлом и припоем, легкость удаления остатков флюса (продуктов его взаимодействия с окисной пленкой) промывкой или испарением. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры

плавления припоя, а плотность — меньше плотности припоя.

В зависимости от температурного интервала активности флюсы разделяются на низкотемпературные с температурой плавления  $\leq 723 \text{ K}$  ( $450^\circ\text{C}$ ) и высокотемпературные с температурой плавления  $> 723 \text{ K}$  ( $450^\circ\text{C}$ ). По своему физическому состоянию флюсы могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Низкотемпературные флюсы по химическому составу и активности разделяются на бескислотные, активированные и кислотные.

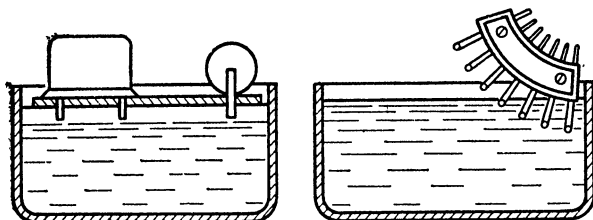


Рис. 3.22. Схема пайки и лужения погружением в расплавленный припой

Специальные методы пайки. Пайка монтажных соединений при помощи паяльника пока остается наиболее распространенной. Однако производительность ее явно недостаточна. Высокопроизводительной является низкотемпературная *пайка погружением* в расплавленный припой.

Пайку погружением выполняют на специальных установках, в которых смонтированы ванны с флюсом и припоем. Очищенные и обезжиренные детали погружают сначала в ванну с флюсом, а затем в ванну с расплавленным припоем, после чего их вынимают и охлаждают до комнатной температуры. Температуру расплавленного припоя поддерживают на заданном уровне при помощи терморпары, введенной в ванну с расплавленным припоем. Этот процесс широко применяют в радиотехнике и электронике для пайки печатных плат. Схема пайки погружением показана на рис. 3.22.

*Пайка в вакууме, нейтральной и активной газовых средах* широко распространена в условиях серийного производства и обладает высокой экономичностью. Проведение процесса пайки в вакууме, нейтральных и активных газовых средах обеспечивает высокое каче-

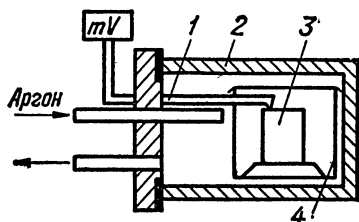


Рис. 3.24. Схема пайки в нейтральной газовой среде:

1 — термопара, 2 — герметичный контейнер, 3 — нагреваемая деталь, 4 — негерметичная коробка

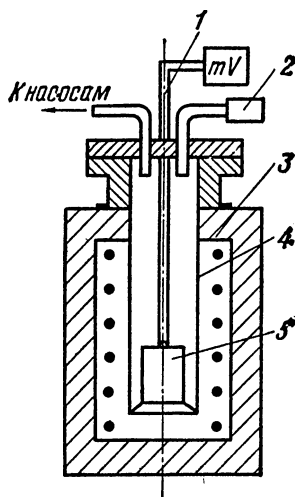


Рис. 3.23. Схема пайки в вакууме:

1 — термопара, 2 — вакуумметр, 3 — печь, 4 — контейнер для установки деталей, 5 — нагреваемая деталь

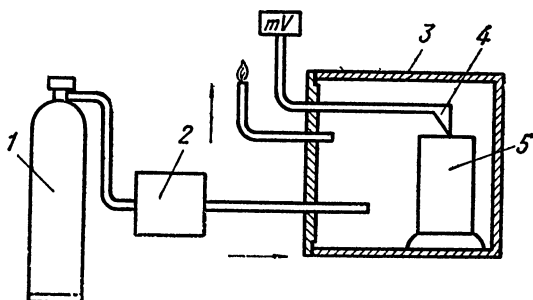


Рис. 3.25. Схема пайки в активной газовой среде:

1 — баллон с аммиаком, 2 — диссоциатор, 3 — герметичный контейнер, 4 — термопара, 5 — нагреваемая деталь

ство паяных соединений, так как здесь не требуется применение флюсов.

Пайку в вакууме проводят в вакуумных печах при разряжении  $10^{-3} \dots 10^{-4}$  мм рт. ст. Возможно также применение герметичных контейнеров, нагреваемых в обычных воздушных печах, в которых создается вакуум.

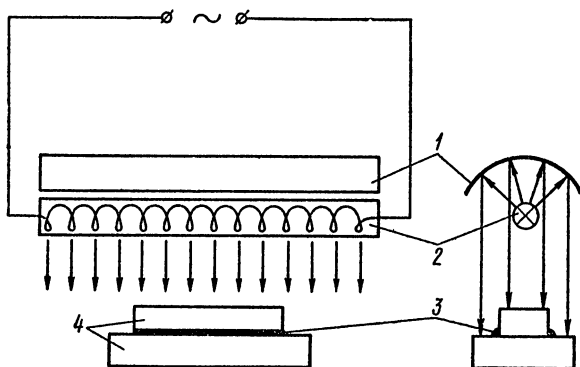


Рис. 3.26. Схема пайки световым лучом:

1 — экран-отражатель; 2 — кварцевая лампа; 3 — припой; 4 — нагреваемые детали

В качестве нейтральной газовой среды при пайке чаще всего используют аргон, который подается в герметичный контейнер, нагреваемый в воздушной печи. Аргон обеспечивает защиту металла от окисления, а также возможность более полного сохранения в составе припоев легкоиспаряющихся компонентов.

В качестве активной газовой среды применяют водород и диссоциированный аммиак.

Схемы пайки в вакууме, нейтральной и активной газовых средах показаны на рис. 3.23...3.25.

*Пайка световым и электронным лучом* основана на использовании различных видов световой энергии, образуемой кварцевыми лампами (инфракрасное излучение), ксеноновыми лампами высокого давления и лазером. Достоинством световых источников энергии является возможность бесконтактного нагрева (нагрева через прозрачные окна или оболочки в камерах с различными средами, в вакууме различной степени разрежения).

Нагрев кварцевыми лампами применяют для пайки

при температуре 1273 К (1000 °С). Лампа представляет собой трубку из кварца диаметром 10...12 мм, внутри которой в вакууме находится вольфрамовая спираль. Свет от кварцевой лампы с помощью экрана отражателя концентрируется на нагреваемом объекте (рис. 3.26). Пайка электронным лучом проводится на электронно-лучевых установках, в камерах которых создается разрежение  $1.10^{-4} \dots 1.10^{-5}$  мм рт. ст., что обеспечивает защиту от окисления и высокое качество пайки.

*Пайку и лужение ультразвуком* осуществляют ультразвуковыми генераторами УЗГ, которые генерируют колебания с частотой свыше 16...20 кГц. Эти колебания при прохождении через жидкости и расплавы металлов вызывают в них явление кавитации — нарушение сплошности жидкости или расплава.

Для возбуждения в припое ультразвуковых колебаний применяют магнитострикционные преобразователи, механически связанные с жалом паяльника или дном ванны (в случае проведения процесса в ванне с рас-

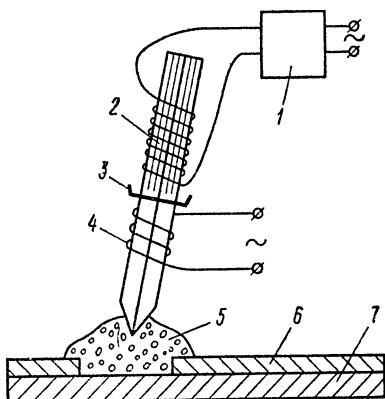


Рис. 3.27. Схема пайки и лужения ультразвуком:

1 — высокочастотный генератор; 2 — магнитострикционный преобразователь с обмоткой возбуждения; 3 — диафрагма; 4 — нагревательная обмотка стержня паяльника; 5 — расплавленный припой; 6 — окисная пленка на поверхности алюминия; 7 — алюминий

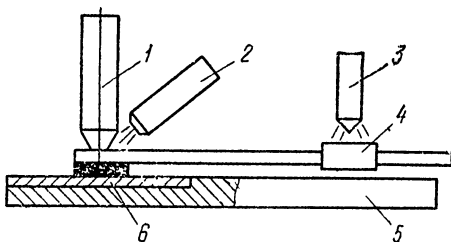


Рис. 3.28. Схема пайки горячим газом:

1 — электрод для прижима; 2 — патрубок для подвода горячего газа; 3 — патрубок для подвода охлаждающей среды; 4 — соединительный элемент; 5 — печатная схема; 6 — припой

плавленным припоем). Под действием переменного магнитного поля длина стержня такого преобразователя изменяется, и его торцы становятся излучателями ультразвуковых колебаний с частотой от 15 до 100 кГц. В жидком припое колебания создают чередующиеся области высоких и низких давлений, т. е. области сжатия и разряжения, представляющие собой мельчайшие пузырьки паров и газов. При смыкании пузырьков возникает кавитационная эрозия, приводящая к разрушению окисной пленки, и чистая поверхность легко смачивается припоем. Схема пайки и лужения при помощи ультразвукового паяльника показана на рис. 3.27.

*Пайка горячим газом* исключает возможность перегрева деталей. Газ (воздух, аргон, азот, гелий, водород) проходит через спиральный нагреватель и подается к месту пайки. Нейтральные газовые среды способствуют малой окисляемости поверхности, что снижает требования к флюсованию. Температура нагрева при этом способе пайки не превышает 573 К (300 °С). Схема пайки горячим газом показана на рис. 3.28.

### 3.6. Сборка заклепочных соединений

Заклепочные соединения применяют в сборочных единицах, подверженных большим динамическим нагрузкам, а также в тех случаях, когда сопрягаемые между собой детали плохо поддаются сварке. Заклепки обеспечивают неразъемность соединения.

В таких соединениях величина зазора для заклепок диаметром до 6 мм должна составлять 0,2 мм, для заклепок диаметром 6...10 мм — 0,25 мм и для заклепок диаметром 10...18 мм — 0,3 мм.

В зависимости от размера и места применения заклепок клепка может быть горячей или холодной. Обычно при диаметре заклепки до 10 мм производится холодная клепка, а свыше 10 мм — горячая.

Клепка представляет собой процесс, при котором соединение двух или большего числа деталей происходит посредством расклепывания стержней заклепок, которые вставляются в заранее подготовленные отверстия. Заклепка (рис. 3.29) представляет собой стержень 2 с закладной головкой 1 и замыкающей головкой 3, которая образуется на другом конце стержня после обработки. Основное назначение заклепки — противостоять срезающим силам, приложенным к разным сторонам соединяемых частей.



Волокна металла в заклепках обычно направлены вдоль их стержней, что обеспечивается применением проволоки в качестве материала для них. Диаметр употребляемой проволоки — от 2 до 10 мм. Закладную головку заклепки изготавливают заранее.

Подготовка заклепочных отверстий часто имеет решающее значение для качества заклепочного шва. Отверстия могут быть сделаны пробивкой или сверлением, а иногда пробивкой с последующим рассверливанием или развертыванием.

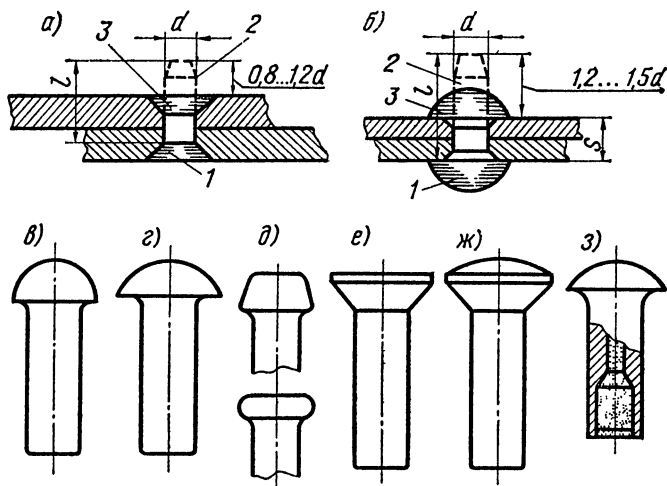


Рис. 3.29. Элементы заклепочного соединения: а — с потайной головкой; б — с полукруглой головкой; в — с полукруглой высокой головкой; г — с полукруглой низкой головкой; д — с плоской головкой; е — с потайной головкой; ж — с полупотайной головкой; з — взрывная заклепка  
 $l$  — длина стержня заклепки;  $d$  — диаметр стержня заклепки;  $S$  — суммарная толщина склепываемых листов

Пробивка отверстий при прочих равных условиях дает худшие результаты соединения, чем при сверлении. Образующаяся при пробивке нагартовка материала вблизи стенок отверстия вызывает иногда трещины и ослабляет прочность соединения. Кроме того, пробитые отверстия получаются несколько выпученными, что, в свою очередь, усложняет технологический процесс клепки при накладывании листов друг на друга.

Отверстия под заклепки засверливают под прямым углом к плоскости деталей. Диаметр отверстия выбира-

ют в зависимости от диаметра стержня заклепки по данным, приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Зависимость диаметра отверстия от диаметра стержня заклепки

Диаметр стержня заклепки, мм	1,1	2	2,3	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8	10
Диаметр отверстия, мм	1,2	2,2	2,5	2,8	3,2	3,7	4,2	5,3	6,4	7,5	8,6	10,8

Виды брака при клепке, обусловленные различными причинами, приведены в табл. 3.4.

Головки заклепки могут быть образованы прямым и обратным методом. При прямом методе удары наносят со стороны замыкающей головки (рис. 3.30, а), а

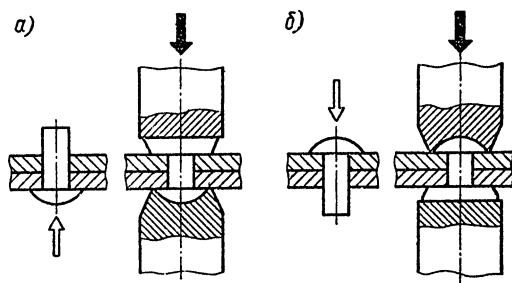


Рис. 3.30. Прямой (а) и обратный (б) методы образования заклепок

при обратном — со стороны закладной головки (рис. 3.30, б). Для получения плотного соприкосновения склепываемых деталей в первом случае необходимо тщательное их обжатие, а во втором плотность достигается одновременно с образованием головки.

В зависимости от назначения сборочной единицы, ее конструктивных форм, размеров применяемых заклепок и масштаба производства клепку осуществляют на прессах, с помощью специальных приспособлений или посредством механизированного инструмента (рис. 3.31, 3.32).

Примерное значение усилия, необходимого для обра-

## Виды и причины брака при клепке

Брак	Эскиз	Причина
Неплотное прилегание головки		Перекося обжимки при клепке
Смещение головок		Косо просверленное отверстие
Смещение головки		Скос на торце стержня головки
Зарубки на головке или около нее		Неправильное положение обжимки при клепке
Маломерная замыкающая головка		Недостаточная длина стержня заклепки
Рваные края головки		Некачественный металл
Расплющивание стержня между листами		Клепка при неплотно прижатых листах
Изгиб стержня заклепки		Неправильное прилегание материала при сверлении
Изгиб стержня в отверстии		Несоответствие диаметра стержня отверстию

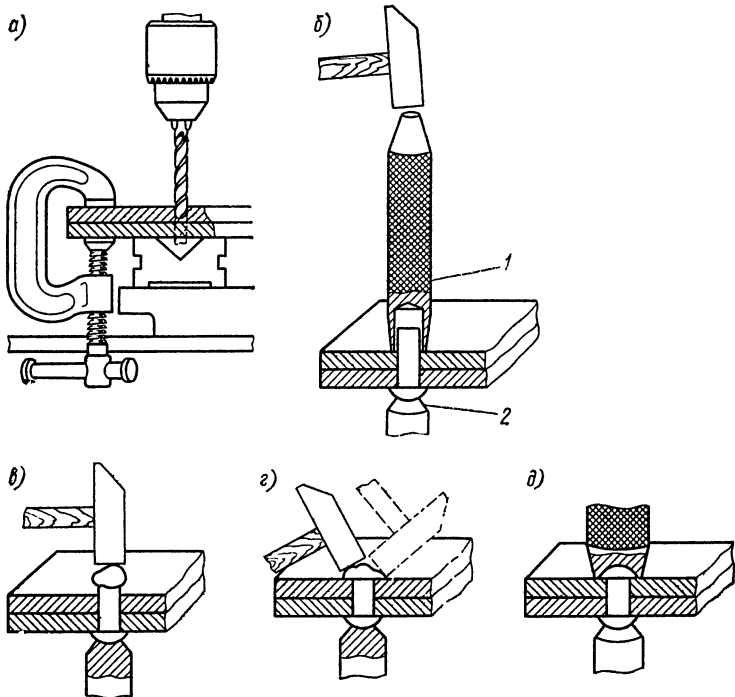


Рис. 3.31. Схема ручной клепки: а — сверление отверстий под заклепки; б — натяжка листов; в — осадка стержня; г — расклепывание замыкающей головки; д — отделка головки  
 1 — натяжка; 2 — поддержка; 3 — обжимка

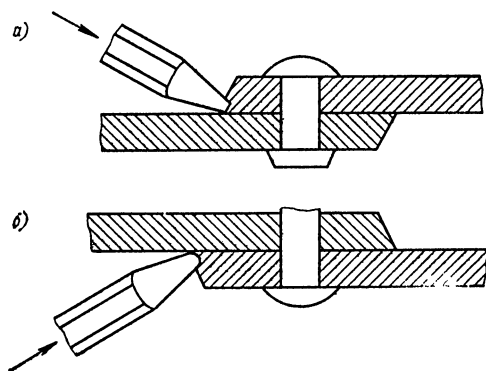


Рис. 3.32. Чеканка швов чеканом с острыми кромками (а) и чеканом с закругленной рабочей частью (б)

зования головки стальной заклепки при холодной клепке, определяют по формуле

$$P_{\text{кл}} = K_{\text{кл}} d^{1,75} \sigma_{\text{в}}^{0,75}, \text{ Н},$$

где  $K_{\text{кл}}$  — коэффициент, зависящий от формы замыкающей головки (для полукруглой головки — 28,6; для полтайной — 26,2);  $d$  — диаметр стержня заклепки, мм;  $\sigma_{\text{в}}$  — предел прочности материала заклепки, МПа.

При горячей клепке, которая применяется при диаметрах стержня свыше 10 мм, усилие клепки составит 6500...8000 Н на 1 см<sup>2</sup> сечения стержня, который нагревается до температуры 1323...1373 К (1050...1100 °С).

Склеивание — процесс получения неподвижных неразъемных соединений, при котором между сопрягаемыми поверхностями деталей вводится слой специального вещества, способного неподвижно скреплять их. Важным преимуществом склеивания является возможность получения соединений из разнородных металлов и неметаллических материалов. При этом в значительной мере устраняются внутренние напряжения и деформации деталей, так как технология склеивания не требует повышенных температур.

Процесс склеивания деталей предусматривает выполнение следующих операций: подготовка поверхностей и клея; нанесение его на поверхности; подсушивание поверхностей; соединение деталей; выдержка их под давлением или подогрев; зачистка соединения; контроль.

В конструкциях машин иногда встречаются клеесварные соединения. При их сборке слой клея (ВК-9) наносят на сопрягаемую поверхность одной детали, а вторую приваривают точечной сваркой по этому слою.

Механизмы передачи движения служат для преобразования скорости и направления движения, для преобразования вращательного движения в поступательное. Основные характеристики механизмов передач — передаваемый крутящий момент, частота вращения на выходе-входе, передаточное отношение и КПД. Наибольшее распространение получили механические передачи движения, основанные на использовании зацепления (зубчатые, цепные, червячные и др.) и трения (ременные, фрикционные).

В механических передачах установка вращающихся элементов осуществляется в подшипниках двух основных типов: скольжения и качения. Выбор типа подшипника зависит от назначения машины, ее характеристик, удобства сборки и разборки, регулировки.

Сборка механических передач движения включает три этапа: установку (монтаж) подшипников; сборку кинематических пар, регулировку передачи. Последовательность и содержание переходов сборочной операции зависит от конструкции механизма, принятой схемы регулирования, вида и характера производства, степени оснащения рабочих мест устройствами механизации и автоматизации.

#### **4.1. Сборка подшипников скольжения**

Подшипники скольжения бывают неразъемными и разъемными.

Неразъемный подшипник выполняется как втулка, которая устанавливается (чаще всего прессованием) в

базовом отверстии стального или чугунного корпуса. Разъемный подшипник состоит из двух частей — нижнего и верхнего вкладыша, которые монтируются в полуотверстиях разъемных элементов — основания и крышки. Втулки и вкладыши в зависимости от условий работы подшипника изготавливаются из различных антифрикционных материалов: чугуна, бронзы, латуни, текстолита, древесного пластика, капрона и т. д.

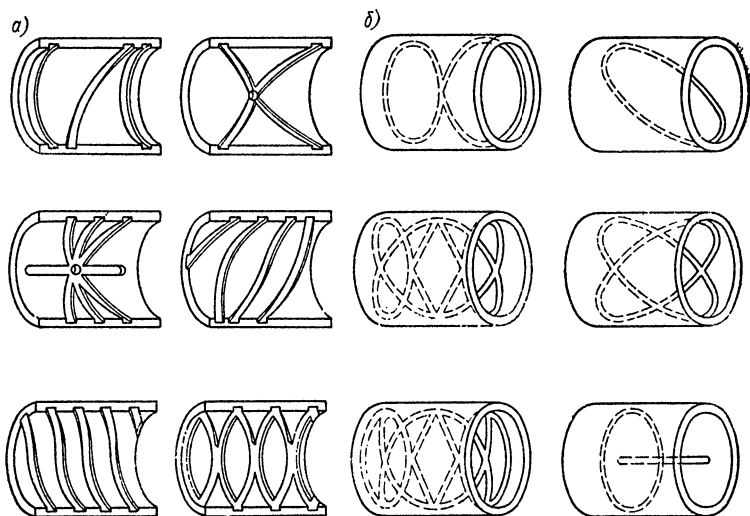


Рис. 4.1. Виды смазочных канавок: а --- во вкладышах; б — во втулках

Основное требование, предъявляемое к подшипникам скольжения, — минимальная величина трения при равномерно распределенной нагрузке. Поэтому на опорных поверхностях втулок и вкладышей предусмотрены масляные канавки, формы и размеры которых зависят от материала втулок (вкладышей), величины воспринимаемой нагрузки, вида смазки и способа ее подачи (рис. 4.1).

Сборка неразъемных подшипников начинается с запрессовки и закрепления втулки подшипника в отверстие корпуса. Затем пригонка поверхности отверстия втулки по шейке вала и контроль собранного подшипника.

Запрессовку втулок в корпус чаще всего выполняют с гарантированным натягом вручную или на прессах.

При этом точность сопрягаемых деталей должна быть обеспечена по 6 и 7-му квалитетам ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75). При запрессовке тонкостенных втулок их целесообразно предварительно охладить, например в жидком азоте температурой 77,2 К ( $-195,8^{\circ}\text{C}$ ). При установке втулок с зазором их можно фиксировать клеем. При ручной запрессовке втулок применяют выколотку и молоток или небольшой пресс с ручным приводом. Направление втулки при запрессовке определяется

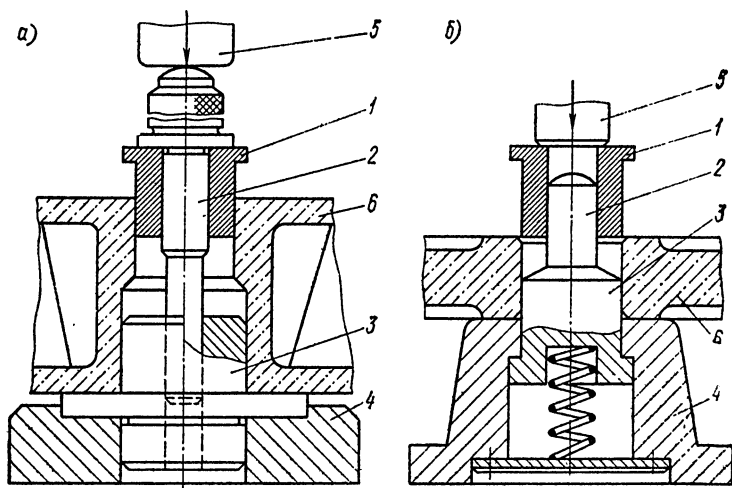


Рис. 4.2. Схемы запрессовок подшипниковых втулок с использованием приспособлений

только отверстием в корпусе, поэтому во избежание перекосов при ее первоначальной установке применяют различные приспособления, которые обеспечивают правильное направление втулки.

Перед запрессовкой втулку 1 (рис. 4.2, а) надевают на оправку 2, которая центрируется в отверстии установочного пальца 3, запрессованного в корпус 4. При нажатии штока 5 (или при ударах молотком) оправка 2 перемещается вместе с втулкой 1 по отверстию установочного пальца 3. Втулка без перекосов входит в посадочное отверстие детали 6.

Приспособление с пружиной (рис. 4.2, б) удобно применять в автоматизированных сборочных системах. Например, на одной позиции сборочного автомата деталь 6 (корпус подшипника) базируют отверстием на пальце



3, а втулку 1 подшипника надевают на оправку 2, центрируя ее тем самым по оси отверстия корпуса подшипника. На рабочей позиции под воздействием штока происходит запрессовка втулки.

После запрессовки втулки крепятся в корпусе. Поперечное крепление втулок (рис. 4.3, а, б, в) осуществляется винтовым, гладким или коническим стопорами. Во втулке просверливают сквозное отверстие, в которое устанавливают стопор, который от выпадания удерживается резьбой, обжатием металла либо запрессовкой.

При продольном креплении втулок (рис. 4.3, в, д, е) в них сверлится глухое отверстие. Головки винтов и штифта в этом случае должны быть утоплены на 0,2...0,3 мм от торца.

Нормальная работа подшипников зависит от точности геометрических размеров втулки и шейки вала, соосности подшипников и состояния поверхностей скольжения. Поэтому после запрессовки подшипника проверяют состояние его рабочей поверхности, форму базового отверстия, размеры. Иногда обязательной является проверка соосности подшипников (двух или более), предназначенных для установки тех или иных валов.

Большинство возможных погрешностей, обнаруживаемых после запрессовки втулок, при эксплуатации неизбежно приведет к возникновению местного сухого трения. В результате несущая способность подшипника уменьшится и он быстро износится. Поэтому на рабочих поверхностях подшипников недопустимы трещины, царапины, отслаивание антифрикционного слоя и т. д. У отверстия должны быть возможно меньшие отклонения от цилиндричности, а ось его не иметь перекосов.

Сборка разъемных подшипников. По конструкции разъемные подшипники подразделяют на толстостенные и тонкостенные (рис. 4.4). У толстостенных подшипников отношение толщины стенки  $S$  к наружному диаметру  $D$  обычно составляет величину 0,065...0,095, а у тонкостенных — 0,025...0,045. У разъемных подшипников внутренний диаметр  $d$ , определяемый после сборки, является базовым либо для шейки вала, либо для заливки подшипника антифрикционным материалом (баббитом, свинцовистой бронзой). Заливка (с последующей обработкой отверстия) предусматривается в том случае, если вкладыши изготовлены из малоуглеродистой стали, чугуна, реже бронзы. Толщина слоя заливки  $t$  зависит от диаметра отверстия:  $t=0,01d(0,5...2,0)$  мм. Чаще всего заливке подвергают

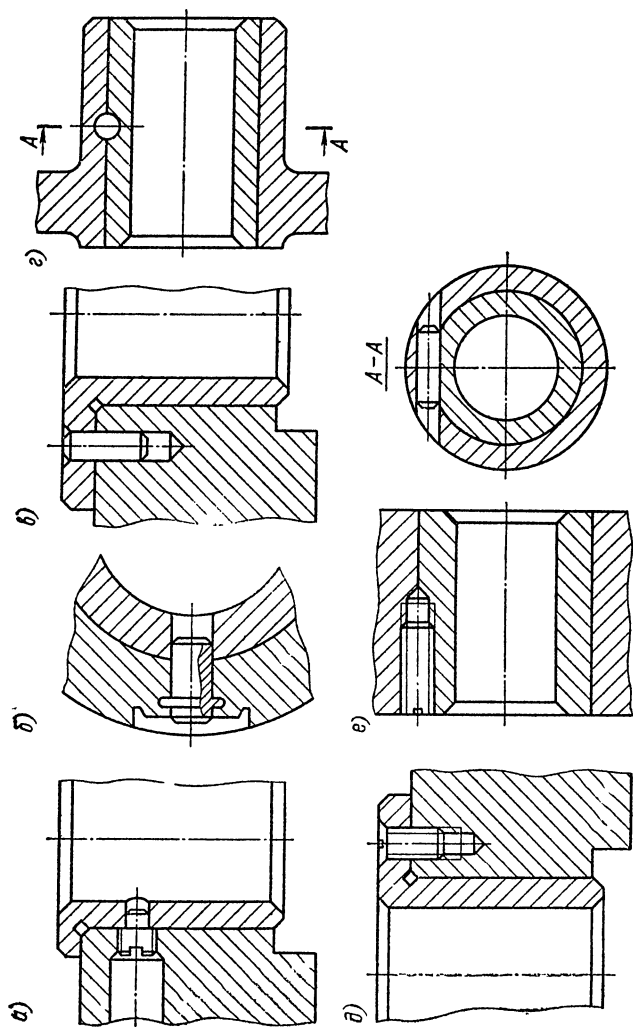


Рис. 4.3. Некоторые способы крепления втулок от проворачивания: а, б, в — винтами; б...з — штифтами

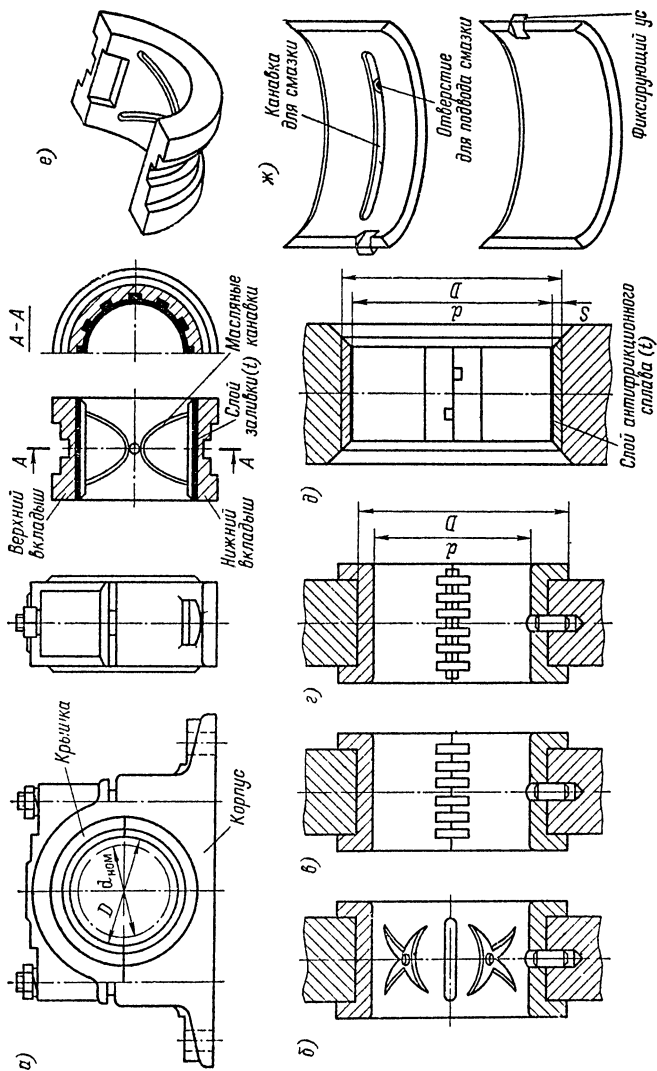


Рис. 4.4. Конструкция разъемных подшипников скольжения: а — основные элементы подшипников; б...г — тонкостенные; д — толкостенные; е — толкостенный вкладыш; ж — тонкостенный вкладыш

тонкостенные вкладыши, после чего их обрабатывают на токарном станке, растачивая по диаметру с припуском под шабренку.

Вкладыши толстостенных подшипников устанавливают в подготовленные полуотверстия основания и крышки с небольшим натягом или зазором.

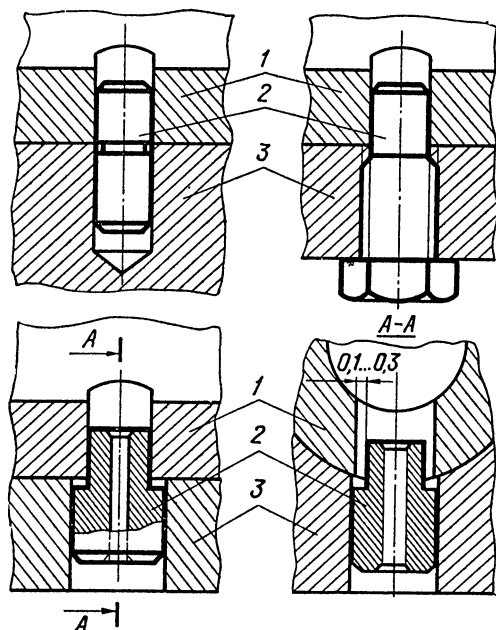


Рис. 4.5. Установочные штифты вкладышей подшипников:

1 — вкладыш; 2 — штифт; 3 — корпус подшипника

Для предотвращения смещения вкладышей толстостенных подшипников используют установочные штифты (рис. 4.5). Штифты крепят в корпусе подшипника с натягом 0,04...0,07 мм, при этом между отверстием во вкладыше и штифтом должен быть зазор 0,1...0,3 мм. Отверстие под штифт имеет овальную форму, что позволяет вкладышу в случае перекоса самоустанавливаться.

Тонкостенные вкладыши бывают, как правило, без стопоров. В отверстия корпуса они крепятся с натягом, а от осевого смещения их удерживают специальные выступы — фиксирующие усы. Такие вкладыши изготавливают взаимозаменяемыми, а посадочные гнезда под них выполняют с повышенной точностью: овальность не бо-

лее 0,02 мм, конусность 0,01...0,015 мм на 100 м и шероховатостью  $R_a=1,25..0,63$ .

Процесс сборки разъемных подшипников в единичном, мелкосерийном и даже в серийном производстве осуществляется с выполнением пригоночных работ. После установки вкладышей в гнезда корпуса и крышки поверхности подшипника пришабривают по шейкам вала. Пришабривание осуществляют с контролем по краске, так чтобы площадь контакта составляла 75...80% от площади вкладыша. Меньшее значение площади контакта вызывает образование трещин в контактном слое.

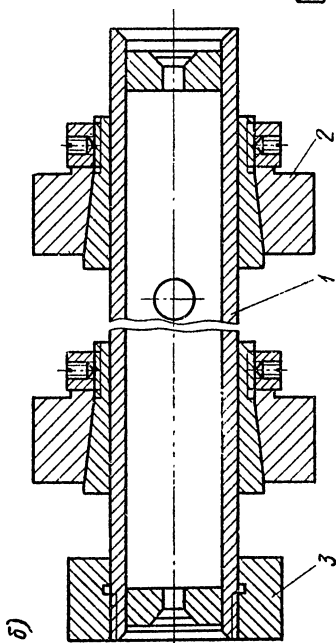
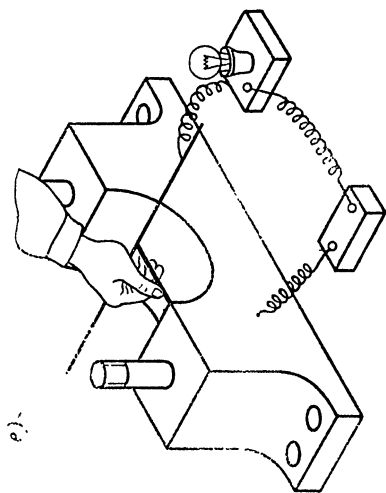
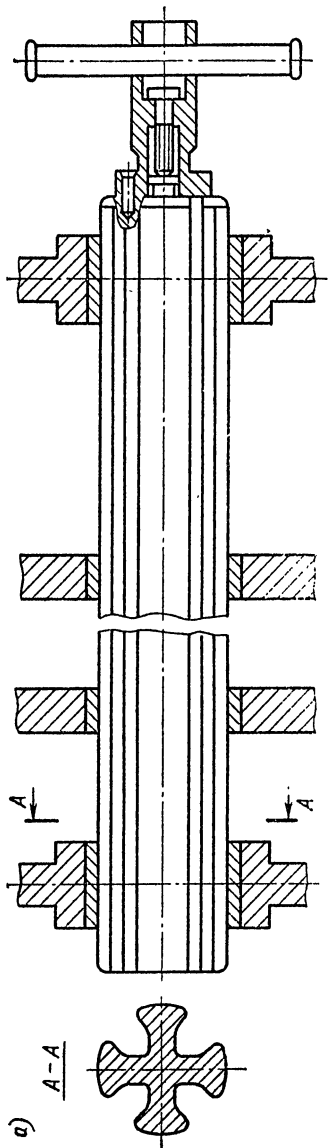
Окончательную пригонку вкладышей производят после проверочной установки крышек подшипников. Затянув гайки одного подшипника, вал проворачивают на 2...3 оборота. Затем их отпускают, затягивают гайки второго подшипника, вал снова проворачивают и так далее, если подшипников более двух. Гайки затягивают динамометрическим ключом с требуемым моментом затяжки.

По характеру вращения вала можно предварительно судить о качестве сборки. Если вал проворачивается с трудом, то это указывает на заниженные зазоры в соединении подшипник-шейка вала, возникающие обычно из-за ошибок в диаметральных размерах или перекосов. Собранные подшипники контролируют на отклонение от соосности, параллельности и перпендикулярности осей.

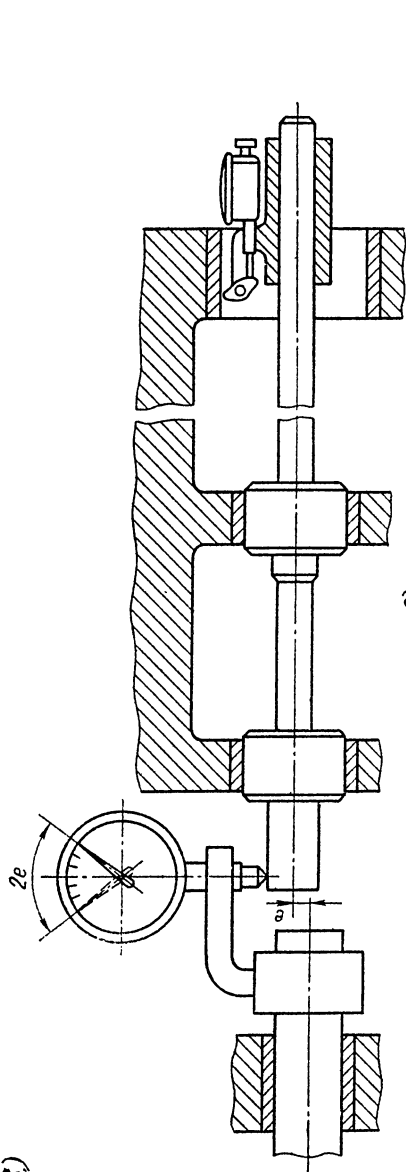
Контроль отклонения от соосности подшипников проводят с помощью контрольного (рис. 4.6, а) или макетного (рис. 4.6, б) вала проверочной линейки и шупа, струны и штихмасса или электрическим способом (рис. 4.6, в...д).

С помощью валов проверка выполняется наиболее быстро. В серийном производстве используют специальные контрольные валы облегченной конструкции с диаметром, соответствующим диаметру вала изделия. Макетный вал универсален, поскольку его можно перенастроить на разные диаметры подшипников. Перенастройка заключается в установке на базовой трубе 1 соответствующих (по диаметру отверстий подшипников) смежных колец 2 и 3. Причем кольца 2, располагаемые на подвижных разрезных втулках, могут быть установлены на любых расстояниях друг от друга и от торца трубы.

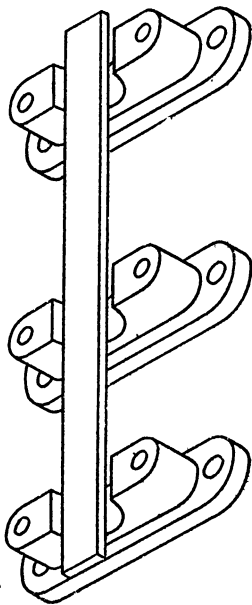
При контроле валы вводят внутрь смонтированных подшипников. Макетный вал входит свободно в отверстие при совпадении осей подшипников и не входит при наличии перекосов осей или их смещении. Величину,



в.)



г.)



д.)

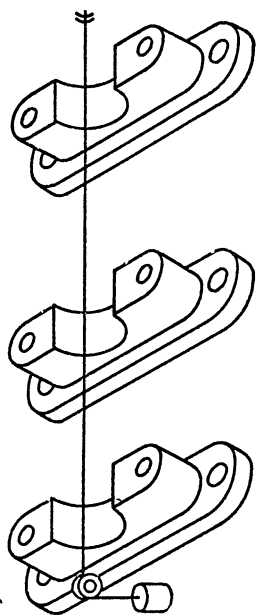
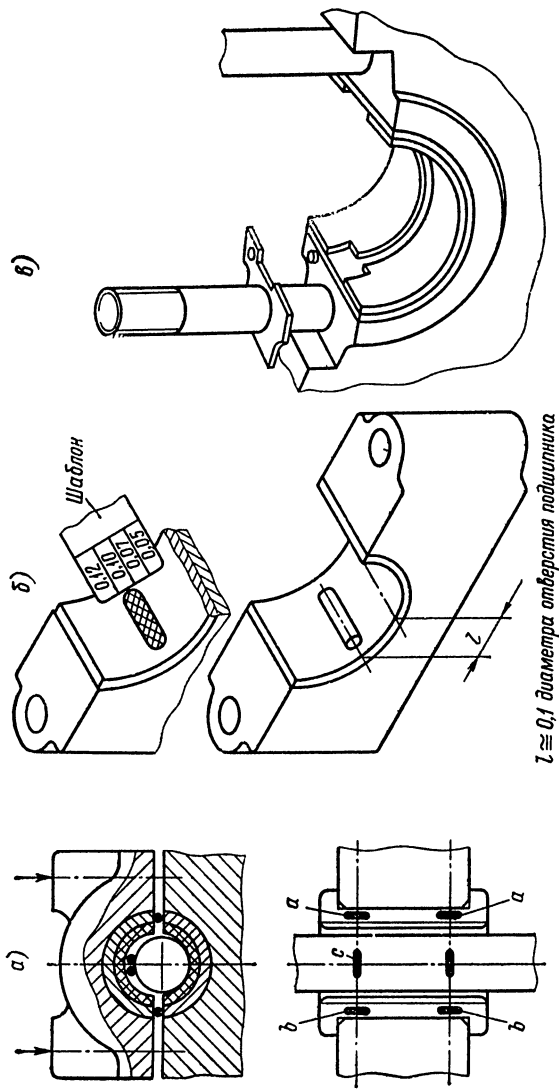


Рис. 4.6. Контроль отклонения от соосности подшипников



$\lambda \cong 0,1$  диаметра отверстия подшпильника

Рис. 4.7. Контроль радиального зазора: а — свинцовыми проволоками; б — одной свинцовой проволокой; в — регулирование зазора прокладками



смещений осей подшипников определяют с помощью оправки с индикаторами. При проверке соосности поверочной линейкой ее ребро прикладывают к стенкам вкладышей, а величину зазора контролируют щупом.

Контроль натянутой струной (как и линейкой) применяют для грубой оценки соосности подшипников. Струна натягивается по оси вала, который будет установлен в подшипники. Отклонение от соосности характеризуется расстоянием от натянутой струны до поверхности вкладышей и определяется с помощью штихмасса. При этом точность измерения зависит от определения момента касания головки штихмасса со струной. Более высокая точность измерения может быть достигнута путем включения струны в цепь низкого напряжения (рис. 4.6, *е*). В этом случае момент касания устанавливают по загоранию лампочки.

В окончательно собранных подшипниках важен контроль радиального и осевого зазоров. Радиальные зазоры проверяют калиброванными латунными пластинками или свинцовыми проволоками. Свинцовые проволоки *а*, *в* и *с* (рис. 4.7, *а*) диаметром на 0,2...0,3 мм больше возможного зазора закладывают в нескольких местах между вкладышем и шейкой вала, а также по разъему вкладышей. После этого крышку подшипника затягивают гайками. Проволока при этом деформируется и ее толщина указывает величину зазора. Проверку можно также вести по ширине пластинок, сравнивая ее с шаблоном, на котором указана их толщина при данной ширине (рис. 4.7, *б*). Для регулирования зазора используют комплект прокладок толщиной 0,10...1,0 мм, которые устанавливают между крышкой и корпусом (рис. 4.7, *в*). Осевые зазоры контролируют щупом или индикатором при предельных смещениях вала.

После установки вала в подшипник вкладыши обрабатывают при медленном вращении вала с подачей в них смазки. При этом уменьшается их шероховатость, уплотняется поверхностный слой, увеличивается площадь контакта шейки вала с вкладышем. При приработке контролируют температуру нагрева подшипников, которая характеризует качество сборки.

## **4.2. Сборка подшипников качения**

Подготовка к сборке заключается в расконсервировании подшипника, т. е. снятии с него предохранительной смазки и очистке. Подшипник промывают в

бензине (керосине), горячем масле или горячих антикоррозионных водных растворах при температуре 348...358 К (+75...85 °С).

Промывка подшипников в горячем масле осуществляется в металлических ваннах с электро- или пароподогревом. Подшипники помещают в корзины из провололочной сетки с целью предотвращения их контакта с разогретым дном и осевшей грязью. Для ускорения промывки корзину периодически встряхивают. Время промывки составляет 5...20 мин в зависимости от габаритов и степени консервации подшипников. При большом количестве подшипников используют две ванны: для предварительной и окончательной промывки. Промытые подшипники тщательно просушивают.

Поступающие на сборку подшипники должны быть чистыми, не иметь дефектов, вращаться плавно, без заеданий. На вал и в корпус подшипники устанавливаются только после тщательной подгонки и проверки посадочных мест. Посадочные места вала, корпуса и подшипника предварительно покрывают тонким слоем смазки.

Установка шарковых радиальных подшипников осуществляется по двум неподвижным посадкам. Внутреннее кольцо устанавливается на вал, а наружное — в отверстие корпуса. На вал подшипники надевают в подогретом или холодном состоянии. Для нагрева используют минеральное масло при температуре  $\approx 373$  К (100 °С).

Подшипники в холодном состоянии запрессовывают на неподвижный вал вручную (рис. 4.8, а...в) и на прессах (рис. 4.8, г) с применением оправок. При этом должна быть обеспечена соосность вала и подшипника. Оправка передает усилие запрессовки непосредственно на торец сопрягаемого кольца. При установке подшипника одновременно на вал и в корпус применяют оправку с буртиком (рис. 4.8, б). В этом случае оправка одновременно упирается в торцы наружного и внутреннего кольца. При установке подшипников на длинные валы пользуются выколотками (рис. 4.8, д). Выколотка в процессе запрессовки должна плотно прилегать к торцу внутреннего кольца во избежание повреждения подшипника.

Крупногабаритные подшипники запрессовываются гидравлическим методом (рис. 4.8, е). Масло, подаваемое под давлением в зону контакта сопрягаемых повер-

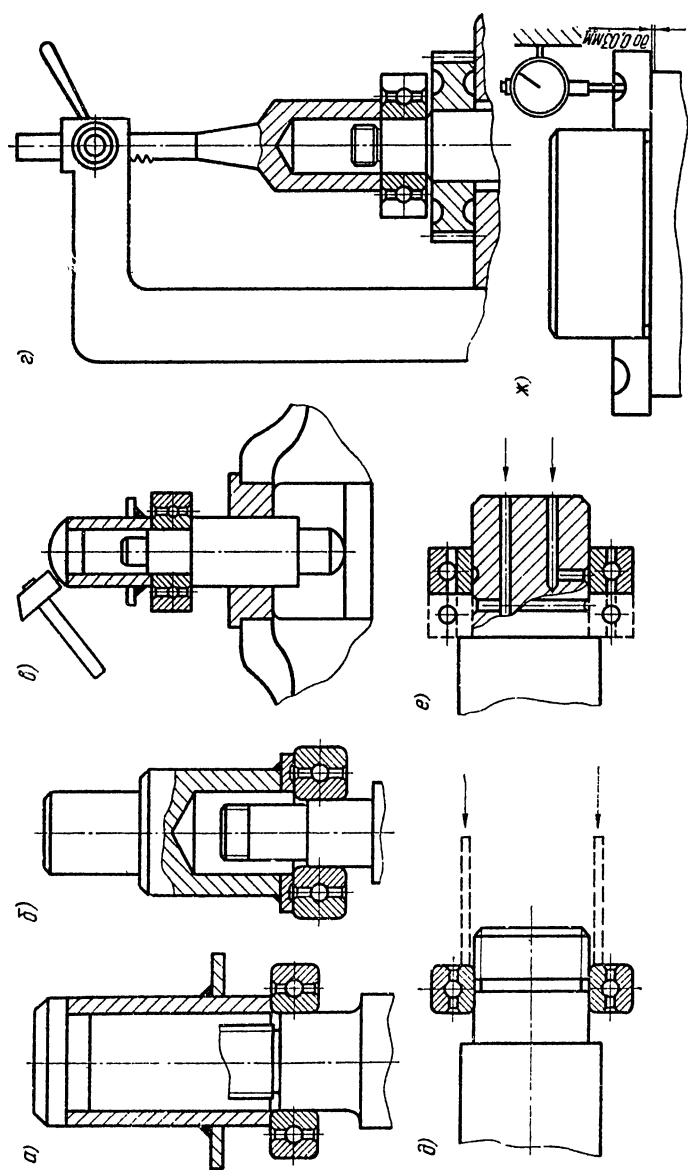


Рис. 4.8. Установка полишников: а...г — с помощью оправок; д — с помощью выколотов; е — гидравлическим методом; ж — контроль установки

хностей вала и подшипника, значительно снижает усилие запрессовки.

Качество запрессовки подшипника на вал контролируется щупом толщиной до 0,03 мм, который не должен проходить между торцами колец и буртом вала или

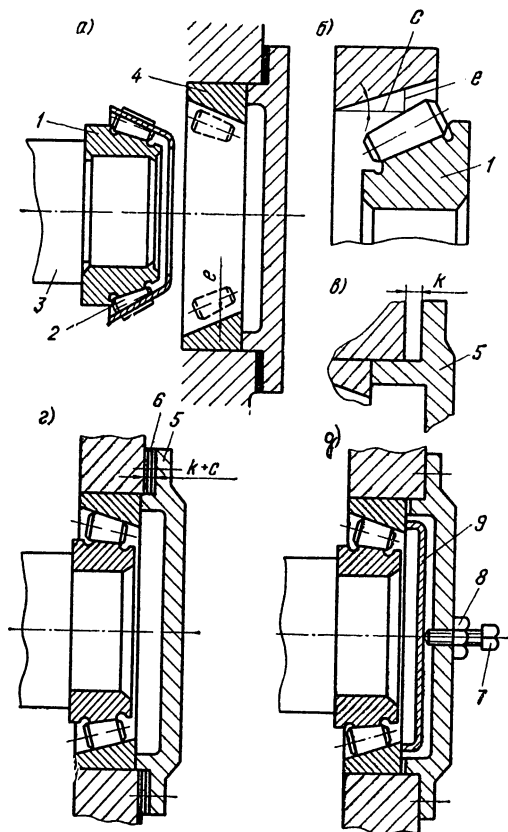


Рис. 4.9. Сборка конических роликовых подшипников

корпуса. Правильность установки на вал кольца упорного подшипника проверяется индикатором, ножка которого должна находиться в беговой дорожке подшипника (рис. 4.8, ж).

Сборка конических роликовых подшипников. Конические подшипники собираются из отдельных сборочных единиц. Внутреннее кольцо 1

(рис. 4.9, а) с роликом 2 напрессовывают на вал 3, а наружное кольцо 4 размещают в корпусе. Зазоры между роликами и беговыми дорожками в этих подшипниках не зависят от посадки на валу или в корпусе. Расстояние между кольцом 4 и роликом 2 оказывает влияние на величину радиального зазора  $e$  (рис. 4.9, б). Он регулируется смещением внутреннего или наружного кольца в осевом направлении. Крышку 5 (рис. 4.9, в)

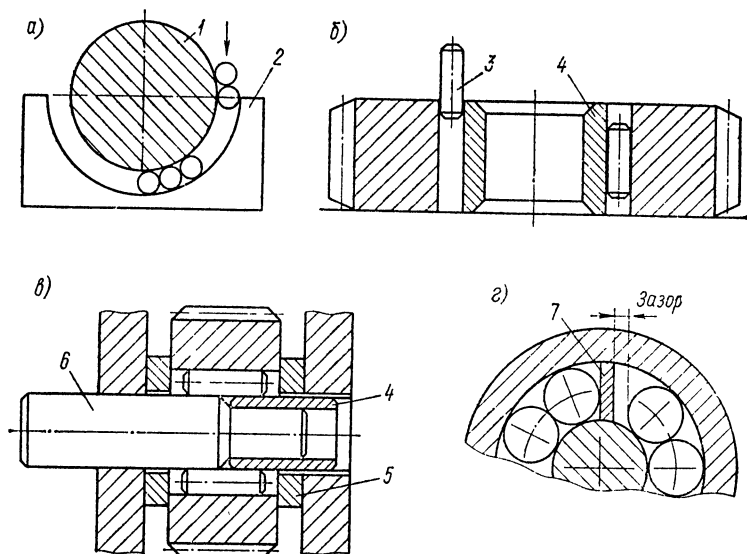


Рис. 4.10. Методы сборки игольчатых подшипников

устанавливают в корпус и винтами плотно поджимают к торцу наружного кольца. Толщина прокладки  $b$  (рис. 4.9, г) определяется величиной зазора  $k$  и требуемого осевого зазора  $c$ . Величина последнего у разных подшипников находится в пределах 0,03—0,18.

При регулировании зазора винт 7 (рис. 4.9, д) затягивают до упора и стопорят гайкой 8. При этом чашка 9 прижимает наружное кольцо подшипника к роликам. Теперь зазор в подшипнике отсутствует. Отвернув винт 7 на требуемую величину зазора, его фиксируют гайкой 8.

Сборка игольчатых подшипников осуществляется двумя способами: на валу и в отверстии охватывающей детали.

При сборке игольчатого подшипника на валу (рис. 4.10, а) на поверхность шейки вала 1 наносят слой густой смазки. Затем шейку устанавливают в монтажное полукольцо 2 и в зазор последовательно вводят комплект игольчатых роликов. Теперь на шейку вала надевают охватывающую деталь, смещая монтажное полукольцо 2.

При сборке игольчатого подшипника в отверстии охватывающей детали (рис. 4.10, б, в) применяют монтажную втулку 4. Диаметр втулки должен быть на 0,1...0,2 мм меньше диаметра шейки вала. Поверхность отверстия подшипника покрывают тонким слоем смазки и вставляют в него монтажную втулку. Игольчатые ролики 3 вводят в зазор последовательно по 2—3 штуки. Последний ролик должен входить свободно с некоторым зазором. Теперь в подшипник устанавливают ограничительные кольца 5 (рис. 4.10, в) и рабочую ось 6, которая вытесняет монтажную втулку.

В некоторых конструкциях игольчатых подшипников предусмотрена возможность регулирования зазора за счет установки прокладки 7 (рис. 4.10, г). Разность между зазором в роликах и требуемым зазором по чертежу определяет толщину прокладки. Окончательно собранный подшипник проверяют на плавность вращения.

Уплотнения и смазка подшипников. Уплотняющие устройства предотвращают вытекание смазки из корпуса подшипника, защищают его от загрязнения. В качестве уплотнений применяют фетровые (войлочные) кольца, защитные шайбы и фланцы, манжеты, лабиринтные уплотнения и т. д.

*Фетровые (войлочные) кольца* (рис. 4.11, а) используют для защиты подшипников, работающих в условиях малой загрязненности при скорости вращения вала 4...8 м/с. Перед установкой фетровые кольца пропитывают техническим жиром или его смесью с касторовым маслом.

*Кольцевые зазоры и проточки* (рис. 4.11, б), заполненные консистентной смазкой, предотвращают попадание пыли и влаги в корпус подшипника.

*Защитные шайбы* (рис. 4.11, в) бывают неподвижными и вращающимися, они могут работать при любых смазках.

*Маслоотражательные кольца* на валах (рис. 4.11, г) предотвращают утечку масла из корпуса подшипника. Эти уплотнения наиболее эффективны при больших скоростях вращения вала и жидкой смазки.

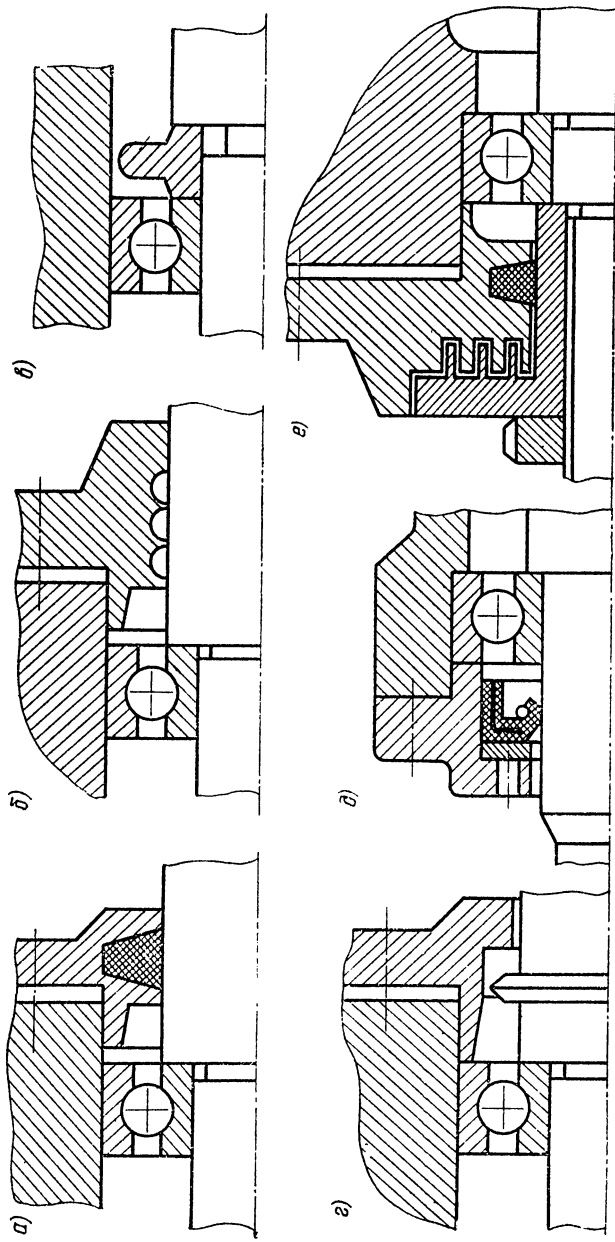


Рис. 4.11. Уплотняющие устройства: *а* — с фетровым кольцом; *б* — с проточками; *в* — с защитной шайбой; *г* — с маслоотражательным кольцом; *д* — с манжетом; *е* — лабиринтное

*Манжеты* (рис. 4.11, *д*) применяются для уплотнения валов, работающих в минеральных маслах, воде, дизельном топливе при избыточном давлении до 50 МПа, окружных скоростях до 20 м/с и перепаде температур в месте контакта манжеты с валом от 228 до 423 К (—45 до +150 °С). Выбор материала манжеты зависит от вышеперечисленных факторов.

*Лабиринтные уплотнения* (рис. 4.11, *е*) создают малый зазор сложной извилистой формы между неподвижной и вращающейся деталью соединения.

Надежная работа и долговечность подшипников во многом зависят от применяемой смазки. Смазка предохраняет подшипники от коррозии, попадания в них пыли и влаги, обеспечивает минимальный нагрев и уменьшает шум.

*Смазочные материалы* по способу их получения делятся на минеральные, растительные и животные.

Минеральные масла являются самыми распространенными, их получают из нефти или каменного угля. Различают индустриальное, турбинное, автотранспортное, веретенное и другие масла. Смеси минерального масла и мыла являются твердыми смазочными материалами. Они имеют вид масел, например, солидол, технический вазелин.

Из растительных масел при смазке применяют хлопковое, касторовое, льняное и репейное масло.

### **4.3. Сборка зубчатых передач**

Механические передачи по своей конструкции делятся на два вида: передачи, работающие с помощью гибкой связи (ременные, цепные) и передачи, обеспечивающие вращательное движение через непосредственное соприкосновение деталей (зубчатые, фрикционные).

*Конструкции зубчатых передач.* Зубчатые передачи по эксплуатационному назначению разделяются на четыре основные группы: отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

Отсчетные (в частности, делительные) передачи характеризуются высокой кинематической точностью. Скоростные передачи отличаются плавностью работы, которая зависит от значения и характера циклических погрешностей, многократно повторяющихся за один оборот зубчатого колеса. Скоростная передача при окружных скоростях до 60 м/с работает без шума и вибраций. Силовым передачам присущи высокая прочность и



жесткость, косвенно определяемая равномерным распределением усилия в зоне контакта зубьев (по так называемому пятну контакта). Передачи общего назначения, как правило, особых отличительных параметров не имеют.

В зубчатых передачах наибольшее распространение получило эвольвентное зацепление, в котором при изменении бокового зазора между зубьями сцепляемых колес характер зацепления остается постоянным. При проектировании передач это условие позволяет задавать (в зависимости от их назначения) различные допуски на межосевые расстояния колес, варьировать величиной бокового зазора в широких пределах и т. д. Эвольвентное зацепление передач обуславливает и характер сборочных работ, в ряде случаев существенно отличающийся (в сторону упрощения) от сборки зубчатых передач с неэвольвентными колесами.

Эвольвентные зубчатые передачи в основном состояются из отдельных зубчатых кинематических пар, конструктивное исполнение которых различно.

*Точность зубчатых передач* регламентируется различными стандартами: передачи зубчатые цилиндрические — ГОСТ 1643—81 (СТ СЭВ 641—77, 643—77, 644—77); передачи зубчатые цилиндрические мелко модульные — ГОСТ 9178—81 (СТ 642—77); передачи зубчатые конические — ГОСТ 1758—81 (СТ СЭВ 1161—78); передачи зубчатые конические мелко модульные — ГОСТ 9368—81; передачи червячные цилиндрические — ГОСТ 3675—81 (СТ СЭВ 1162—78); передачи червячные цилиндрические мелко модульные — ГОСТ 9774—81 (СТ СЭВ 1913—79).

Точность зубчатых колес и передач отражают различными показателями, выбор которых зависит от заданной точности, размера, особенностей производства, конструкции машины и других факторов. Принцип построения системы допусков зубчатых конических и червячных цилиндрических передач аналогичен принципу построения системы для цилиндрических передач.

Для цилиндрических зубчатых колес и передач согласно ГОСТ 1643—81 установлено 12 степеней точности, обозначаемых в порядке убывания с 1 по 12 (рис. 4.12). Для каждой степени приняты независимые нормы допустимых отклонений параметров, определяющих кинематическую точность колес и передач, плавность работы и контакт зубьев. Это позволяет назначать различные нормы и степени точности для передач с учетом

их эксплуатационного назначения и технологических способов изготовления.

Системой допусков, независимо от степени точности изготовления колес передачи, предусмотрено шесть видов сопряжений (рис. 4.13), определяющих различную величину гарантированного бокового зазора  $j_{п min}$ . Для сопряжений  $H$  величина  $j_{п min}$  равна нулю. Установлено

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Измерительные колеса										
		Редукторы турбин и турбомашин										
		Металлорежущие станки										
		Легковые автомобили										
						Грузовые автомобили						
						Тракторы						
						Редукторы общего назначения						
						Зубчатые колеса прокат станок						
						Шахтные лебедки						
						Крановые механизмы						
						Сельскохозяйственные машины						

Рис. 4.12. Степени точности в зубчатых передачах различных машин

шесть классов (I...VI) отклонений межосевого расстояния. Сопряжения  $H$ ,  $E$  обеспечиваются при классе II, сопряжения  $D$ ,  $C$ ,  $B$  и  $A$  — при классах III, IV, V и VI соответственно. Боковой зазор имеет допуск  $T_{jn}$ , определяемый разностью между наибольшим и гарантированным наименьшим зазорами. Для бокового зазора принято восемь видов допусков  $T_{jn}$ :  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $h$ . Сопряжениям  $H$  и  $E$  соответствует допуск  $h$ , а сопряжениям  $D$ ,  $C$ ,  $B$  и  $A$  — допуски  $d$ ,  $c$ ,  $b$ ,  $a$ .

В технической документации точность изготовления зубчатых колес и передач задают степенью точности, указывая вид сопряжения по нормам бокового зазора. Например, 8—7—6—Ba — передача со степенью 8 по

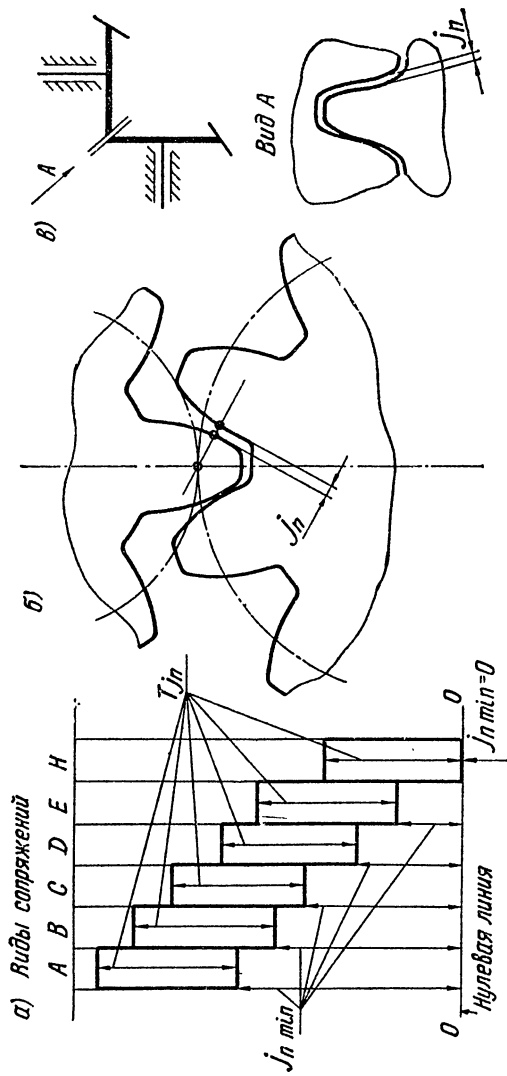


Рис. 4.13 Схема расположения полей допусков: а — для принятых видов сопряжений зубчатых колес; б — боковой зазор в цилиндрических передачах; а — в конических передачах

нормам кинематической точности, степени 7 по нормам плавности работы, степени 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения колес  $B$ , видом допуска  $a$  на боковой зазор и соответствием между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.

*Боковой зазор* — один из наиболее важных параметров зубчатых передач, обеспечиваемых процессом их сборки. Благодаря ему исключается влияние возможных ошибок в размерах зубьев, неточности межосевого расстояния, отклонения формы и размера зубьев из-за температурных деформаций. В то же время боковой зазор является причиной «мертвого» хода и дополнительного износа зубьев при работе. Величина зазора в зубчатой передаче должна быть такой, чтобы в процессе ее эксплуатации не происходило заклинивания зубьев, не нарушалась плавность вращения, а величина «мертвого» хода была бы минимальной.

*Сборка цилиндрических зубчатых передач.* Цилиндрические зубчатые передачи с внешним зацеплением составляют 75...80% от общего количества передач. Они широко применяются в лебедках, коробках скоростей, подач, редукторах и других механизмах.

Цилиндрические зубчатые передачи передают вращательное движение и необходимую мощность только между параллельно расположенными на небольшом расстоянии друг от друга валами. По числу пар зубчатых колес, находящихся в зацеплении, передачи бывают одноступенчатые, двухступенчатые и т. д.

Поступающие на сборку зубчатые колеса и другие детали передач должны быть полностью обработаны, промыты и высушены. Рабочие поверхности зубьев колеса не должны иметь заусенцев, забоин, задиров, царапин и других дефектов.

В собранной передаче оси валов, на которых устанавливаются зубчатые колеса, располагаются строго параллельно. Кроме того, в них обеспечивается определенное межцентровое расстояние, а величина бокового зазора равняется заданной величине. Площадь пятна контакта зубьев и его расположение по высоте зуба соответствует техническим требованиям. Эти основные требования, предъявляемые к передаче, должны быть обеспечены в процессе ее сборки.

Технологический процесс сборки цилиндрических зубчатых передач включает следующие этапы: подготовку и проверку собираемых единиц; сборку составных зубчатых колес (при их наличии); установку и крепле-

ние колес на валах; последовательную установку зубчатых колес с валами в подшипниках корпуса; регулирование зубчатого зацепления у отдельных пар и передачи в целом.

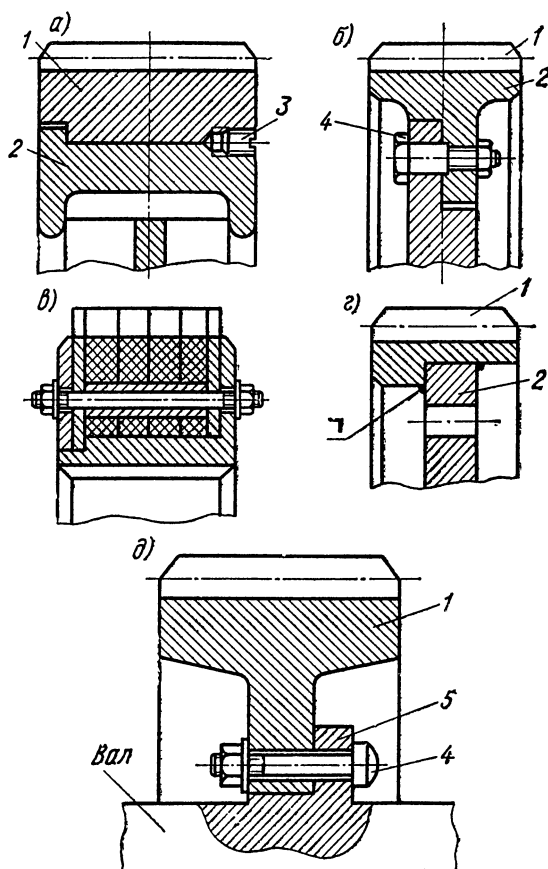


Рис. 4.14. Конструкции составных зубчатых колес

Сборка составных зубчатых колес осуществляется последовательным соединением всех составляющих колесо сборочных единиц. Количество этих единиц зависит от конструкции колеса (рис. 4.14).

Все составные зубчатые колеса имеют ступицу из стали или чугуна и зубчатый венец из высококачественной стали, а для текстолитовых колес — из текстолита

(рис. 4.14, в). Соединение зубчатого венца со ступицей у составных колес бывает разъемным или сварным (рис. 4.14, г).

Сборку колес (рис. 4.14, а) начинают с напрессовки венца 1 на диск 2 ступицы. Для этого зубчатый венец в ряде случаев нагревают в масляной ванне или токами высокой частоты до 393...423 К (120...150 °С). После напрессовки в местах сочленения венца и диска ступицы сверлят отверстия, нарезают в них резьбу и завинчивают стопоры 3. Венец на ступице 5 может быть закреплен болтами 4 (рис. 4.14, б).

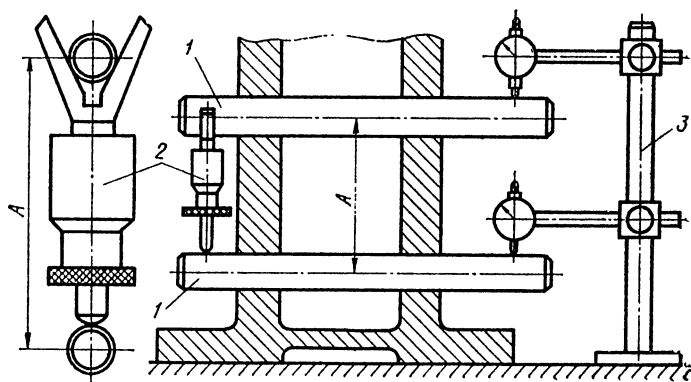


Рис. 4.15. Методы контроля межзубового расстояния в корпусе

У зубчатых колес сравнительно небольшого диаметра зубчатый венец иногда устанавливают непосредственно на валу, который имеет соответствующую посадочную шейку и фланец для крепления венца болтами (рис. 4.14, д). Однако такая конструкция применяется достаточно редко из-за определенной сложности сборки.

При изготовлении точных сборных зубчатых колес окончательную токарную обработку зубчатого венца и нарезание зубьев на нем осуществляют после крепления зубчатого венца (предварительно обработанного) на ступице. Крепление зубчатых колес на валах производят теми же способами, что и крепление шкивов.

Собранные и установленные на валах зубчатые колеса проверяют на радиальное и торцевое биение. Колеса диаметром свыше 500 мм для быстроходных передач еще и статически балансируются.

Правильность зацепления цилиндрической зубчатой передачи характеризуется межосевым расстоянием, величиной бокового зазора, расположением и площадью пятна контакта.

Межосевое расстояние для быстроходной, промежуточной и тихоходной ступеней выбирают по ГОСТ 2185—66 (СТ СЭВ 229—75). Допуск на межосевое расстояние в зависимости от вида сопряжения регламентирует ГОСТ 1643—81 (СТ СЭВ 641—77, 643—77, 644—77).

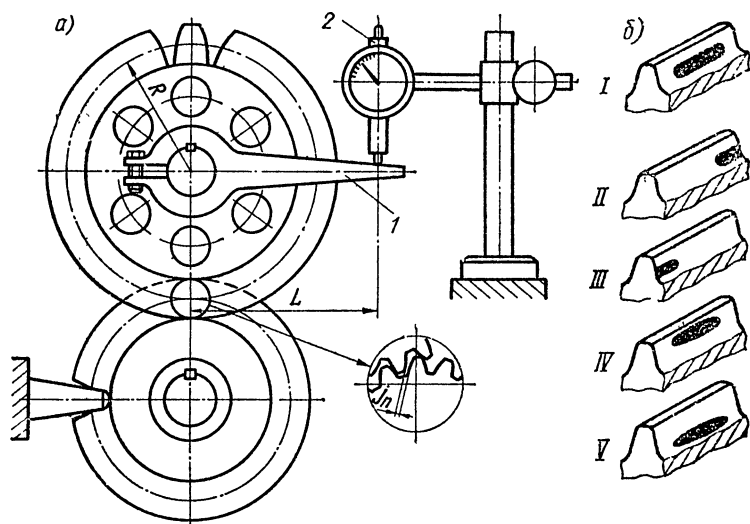


Рис. 4.16. Определение бокового зазора (а) и правильности зацепления в цилиндрической зубчатой передаче (б):

*I* — правильное зацепление; *II—III* — перекося осей валов; *IV* — межосевое расстояние увеличено, *V* — межосевое расстояние уменьшено

Точность межосевого расстояния зубчатых колес зависит от точности межосевого расстояния посадочных мест в корпусе, которое перед сборкой контролируют при помощи калиброванных оправок (рис. 4.15). Расстояние *A* между осями оправок измеряют микрометрами 2 или индикаторами 3. Точность измерения определяется зазорами между оправками и посадочными местами, поэтому для повышения точности измерения применяют разжимные оправки (установка без зазора).

Величину бокового зазора контролируют с помощью свинцовых пластинок (проволочек), шупа или индикатора. В первом случае свинцовую пластинку прокатывают

между зубьями парных колес. При этом ее толщина должна соответствовать боковому зазору. Щуп применяют при свободном доступе к зубчатым колесам.

При определении величины бокового зазора с помощью индикатора (рис. 4.16, а) на валу одного из зубчатых колес крепят поводок 1, контактирующий с индикатором 2. Второе зубчатое колесо фиксируют, и поводок вместе с валом и зубчатым колесом поворачивают то в одну, то в другую сторону. Величину бокового зазора находят по показанию  $c$  индикатора, приведенному к радиусу  $R$  начальной окружности с учетом расстояния  $L$ :

$$j_n = cR/L.$$

Величина бокового зазора, которую необходимо обеспечить при сборке передачи, указывается в технических условиях. Для передач средней точности при межосевом расстоянии 320...500 мм она составляет не более 0,26 мм. Для зубчатых колес с модулем больше 6 мм боковые зазоры выдерживаются в пределах 0,4...0,5 мм (в этом случае можно использовать свинцовые пластинки).

Окончательно качество зацепления проверяют на краску (рис. 4.16, б). Для этого поверхность зубьев ведущего колеса покрывают тонким слоем краски. При повороте зубчатых колес несколько раз на зубьях ведомого колеса появляются четкие пятна краски. При правильно собранной зубчатой передаче их площадь соответствует площади, указанной в технических условиях на сборку. Для передач средней точности пятна краски должны покрывать среднюю часть боковой поверхности зубьев: по высоте не менее 50...60% и по длине не менее 70...90%. Смещение пятна из средней части по длине зуба связано с непараллельностью и перекосом осей в паре «колесо — вал». Следует отметить, что перекося осей оказывает значительно большее влияние на смещение пятна контакта, чем непараллельность. Смещение пятна по высоте зуба связано с увеличением или уменьшением межосевого расстояния, а также с отклонением формы зуба от заданного профиля. При обнаружении этих дефектов зубчатые передачи разбираются и после их устранения собираются вновь.

После контроля на краску осуществляется окончательная сборка зубчатой передачи.

*Сборка зубчатых передач с коническими колесами.* Конические зубчатые передачи применяются при пере-



даче вращательного движения между пересекающимися валами. В большинстве случаев валы в таких передачах пересекаются под углом  $90^\circ$  (рис. 4.17, а) и называются ортогональными.

Наибольшее распространение получили конические передачи с прямыми, косыми и круглыми зубьями. Несмотря на сложность изготовления конических колес с косыми и круглыми зубьями, они имеют ряд преимуществ перед зубчатыми колесами с прямыми зубьями. Прежде всего, это большая прочность и плавность в работе. Поэтому конические колеса с косыми и круглыми зубьями применяют в ответственных передачах, когда требуется быстроходность в сочетании с большой нагрузкой, например при передаче вращения от коробки скоростей к заднему мосту автомобиля.

Коническое зубчатое зацепление (рис. 4.17, а) характеризуется межосевым углом  $\delta$  между осями зубчатых колес, углами начальных конусов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  обоих колес, модулем зацепления  $m$ , передаточным отношением  $i$ , длиной образующей начального конуса  $l$ , которая зависит от передаваемой мощности.

Процесс сборки конической зубчатой передачи включает следующие операции: установку и закрепление зубчатых колес на валах; установку валов с зубчатыми колесами в подшипники и корпус; регулирование зацепления.

Установку и крепление конических зубчатых колес на валах выполняют так же, как и у цилиндрических зубчатых колес. Правильность установки колеса определяют по пятнам контакта (рис. 4.17, б). Для этого коническое колесо вводят в зацепление с более точным колесом (эталонным) и проворачивают несколько раз.

Перед установкой валов проверяют правильность положения осей посадочных мест подшипников в корпусе. Проверку взаимного положения отверстий в корпусе (рис. 4.17, в) выполняют с помощью двух оправок 1 и 2, центрирующихся в отверстиях. При правильном расположении осей шуп 3 свободно входит в зазор между оправками. Контроль перпендикулярности осей производят с помощью оправки 1 и калибра 4 (рис. 4.17, г); по величине зазора  $\delta$  судят об отклонении от перпендикулярности.

Регулирование зацепления осуществляют в процессе сборки валов в корпусе. Конические зубчатые колеса работают нормально, если правильно выдержана величина бокового зазора  $j_{\text{д}}$  (см. рис. 4.13, б), указанная в

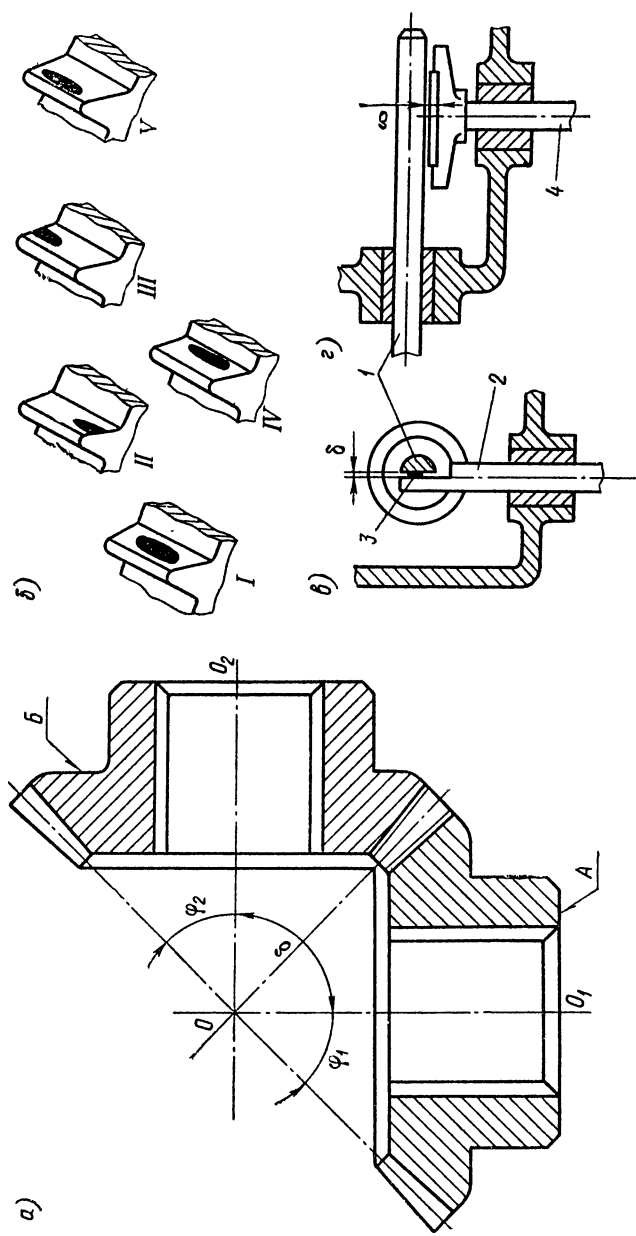


Рис. 4.17. Коническая зубчатая передача: *а* — элементы зацепления; *б* — контроль качества зацепления; *в*, *г* — контроль расположения осей в корпусе  
*1* — правильное зацепление, *II—III* — перекос осей, *IV* — межосевой угол больше  $90^\circ$ , *V* — межосевой угол меньше  $90^\circ$

технических условиях на сборку. Величина бокового зазора зависит от размеров колес и точности передачи; в зацеплении конических колес средней точности она находится в пределах 0,08...0,20 мм (ГОСТ 1758—81).

Величину бокового зазора конических колес контролируют с помощью щупа, свинцовых пластинок и индикаторов. Щуп применяют в том случае, если к колесам есть свободный доступ. Для колес с модулем свыше 10 мм применяют свинцовые пластинки. Пропустив свинцовую пластинку между зубьями колес, определяют толщину расплющенной пластинки, которая равна величине бокового зазора. В точных передачах величину зазора контролируют индикатором. Стойка с индикатором устанавливается около одного из колес так, чтобы ножка индикатора упиралась в боковую поверхность зуба. Закрепив второе колесо, первое поворачивают в обе стороны и по показаниям индикатора определяют величину зазора.

В конических передачах боковой зазор можно регулировать, перемещая зубчатое колесо вдоль оси  $OO_1$  или  $OO_2$ .

При перемещении колеса в направлении к вершине конуса величина зазора уменьшится, при перемещении от вершины — увеличится. Чтобы установить требуемую величину бокового зазора под опорные поверхности зубчатых колес *A* и *B* подкладывают необходимое число стальных или латунных прокладок, изготовленных в виде полуколец. Эти прокладки имеют толщину: 0,05; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,50; 0,80; 1,0; 1,5 мм. В некоторых случаях зазор регулируется при помощи специальных винтов.

После установки требуемой величины бокового зазора качество зацепления проверяют на краску. Зубья одного колеса покрывают тонким слоем краски, оба колеса вводят в сцепление и проворачивают на два-три оборота в направлении рабочего движения. По отпечаткам краски (пятну контакта) судят о качестве зацепления. Конические зубчатые колеса свободно входят в зацепление тонкой частью зуба. Положение пятна контакта целесообразно регулировать так, чтобы его рабочая поверхность оказалась ближе к тонкой части зубьев, которая легко деформируется под нагрузкой и быстрее прирабатывается. Тогда при работе полная нагрузка будет передаваться боковой поверхностью толстой части зуба. Размеры пятна контакта должны составлять примерно 60...70% от длины и высоты зуба.

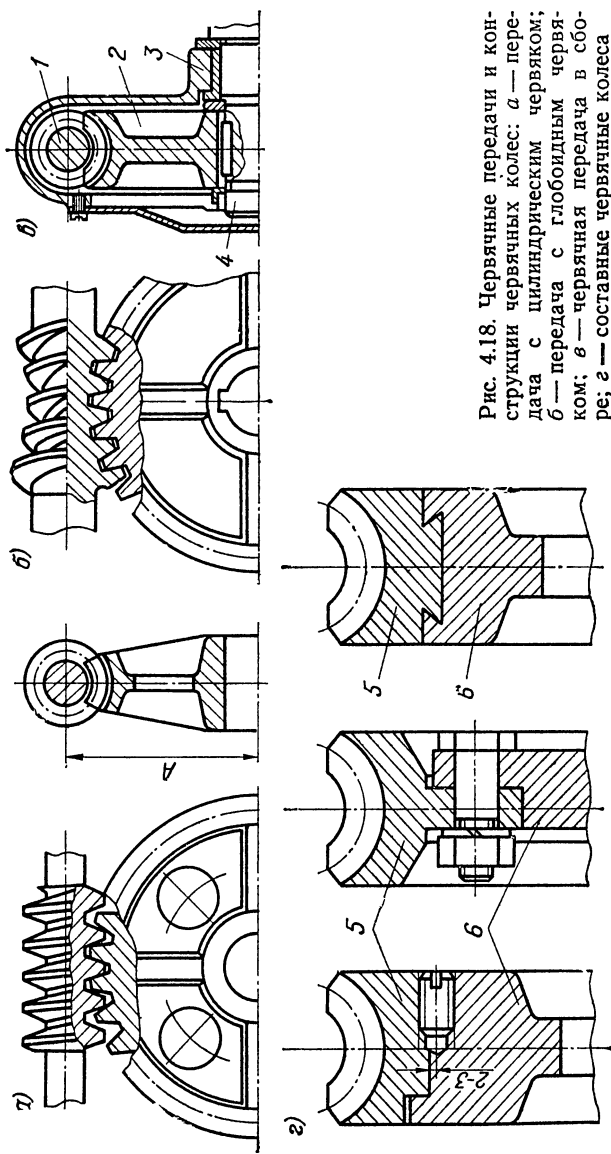


Рис. 4.18. Червячные передачи и конструкции червячных колес: а — передача с цилиндрическим червяком; б — передача с глобоидным червяком; в — червячная передача в сборе; г — составные червячные колеса

Быстроходные силовые передачи испытывают также на уровень шума. Уровень шума можно снизить за счет приработки зубчатых передач на специальных обкаточных стендах. На качество сборки передачи указывает и температура масла в корпусе. Если масло не перегревается, то трение в сопряжениях нормальное, и следовательно, собраны они правильно.

*Сборка червячных передач.* Червячные передачи передают вращательное движение между скрещивающимися валами. Угол скрещивания червяка и червячного колеса чаще всего составляет  $90^\circ$ .

В зависимости от формы червяка различают передачи с цилиндрическим и глобоидным червяком (рис. 4.18). В передачах с глобоидным червяком (вогнутой формы) в зацепление входит одновременно пять — семь зубьев, а с цилиндрическим — один или два зуба. Поэтому передаваемая мощность и КПД у глобоидных передач выше, чем у цилиндрических. Недостатком их является сложность изготовления и сборки.

Червячные передачи нашли широкое применение в металлорежущих станках, грузоподъемных машинах, тракторах и т. д. Большое достоинство этих передач заключается в плавности и бесшумности их работы. Основными сборочными единицами передачи являются червяк 1, червячное колесо 2, вал 3, корпус 4, венец колеса 5, ступица 6.

Червячные колеса изготавливают цельными и составными. Цельные колеса отливают из чугуна, они применяются в тихоходных передачах. Венцы составных колес для быстроходных передач отливают из фосфористой бронзы. Червяк при небольших диаметрах выполняют цельным, а при больших диаметрах его нарезают на втулке и насаживают на вал.

Сборку червячной передачи обычно начинают со сборки червячного колеса. Венец в холодном или предварительно нагретом до  $393...423\text{ К}$  ( $120...150^\circ\text{C}$ ) состоянии напрессовывают на ступицу. Затем сверлят отверстие, нарезают резьбу под стопорный винт, ввертывают винт и кернят его. Собранное колесо проверяют на биение. Установка и закрепление червячных колес на валах и их проверка производятся так же, как и при сборке обычных цилиндрических зубчатых колес.

При сборке червячных передач особенно важно обеспечить правильное зацепление червяка с зубьями колеса. Это зависит от угла скрещивания осей и межосевого расстояния  $A$  (рис. 4.19), которые должны со-

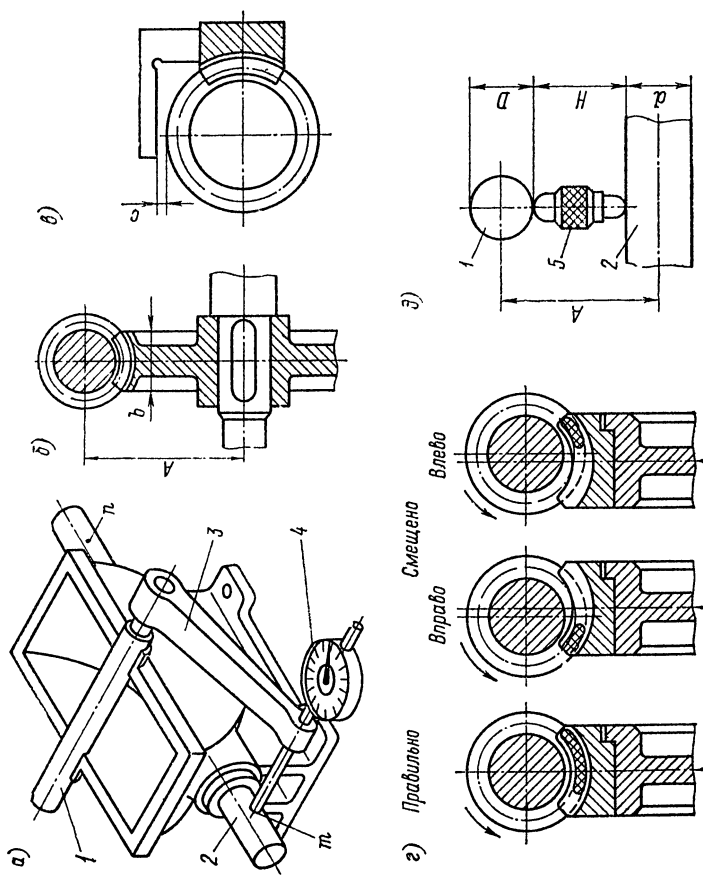


Рис. 4.19. Контроль положения осей червяка и червячного колеса: а — на перекос; б, в — на межосевое расстояние; г — на смещение по шаблону; д — на смещение по пятну контакта

ответствовать чертежу. При этом средняя плоскость червячного колеса должна совпадать с осью червяка, а величина бокового зазора соответствовать заданной. При установке червяка и червячного колеса в подшипники скольжения сначала устанавливают подшипники скольжения, а затем проверяют положение осей.

Приспособление для контроля угла скрещивания осей червяка и червячного колеса состоит из контрольных валиков 1 и 2, рычага 3 и индикатора 4 (рис. 4.19, а). Контрольный валик 1 устанавливают вместо червяка, а валик 2 — вместо вала червячного колеса. Рычаг 3 располагают на валике 2 так, чтобы ножка индикатора касалась в точках *m* и *n* контрольного валика 1. Если угол скрещивания осей равен  $90^\circ$ , то показания индикатора в точках *m* и *n* должны быть одинаковыми. Допустимый перекося осей составляет 0,02...0,03 мм по ширине зубчатого колеса *b*, для передач средней точности с модулем 6...10 мм. Величину перекося определяют по разности показаний индикатора в точках *m* и *n* по расстоянию между ними, отнесенному к ширине колеса.

Межосевое расстояние можно измерить, пользуясь контрольными валиками и штихмасом 5. В этом случае  $A = H + (D + d) 0,5$ . Допустимое отклонение *A* указывают в технических условиях на сборку и для передач средней точности (при  $A = 300...600$  мм допустимое отклонение составляет  $\pm 0,05 - 0,08$  мм).

Совпадение средней плоскости червячного колеса с осью червяка проверяют на «краску». Тонкий слой краски наносят на винтовую поверхность червяка. Затем проворачивают червяк и на зубьях червячного колеса остаются отпечатки краски. По отпечаткам краски (пятнам контакта) судят о качестве сцепления. Передача собрана правильно, если пятно контакта составляет 60...70% по длине и высоте зуба. В случае смещения колеса его положение регулируют, после чего передачу вновь проверяют на краску.

Величина бокового зазора в зацеплении червяка с червячным колесом зависит от точности и размеров передачи. Для передач средней точности при  $A = 320 - 600$  мм она составляет 0,13...0,26 мм. Боковой зазор контролируют в специальном приспособлении по величине «мертвого» хода червяка при неподвижном червячном колесе.

Собранную червячную передачу проверяют также на плавность хода и крутящий момент. Крутящий момент, необходимый для вращения червяка при любом поло-

жении колеса, должен быть одинаков. Червячные передачи, так же как и зубчатые, в целях приработки подвергают обкатке под нагрузкой, близкой к эксплуатационной.

#### 4.4. Сборка ременных, цепных и фрикционных передач

Передача вращательного движения в ременных и фрикционных передачах осуществляется за счет сил трения, а в зубчатых и цепных — благодаря механическому зацеплению. Передача гибкой связью применяется в тех случаях, когда рабочие валы находятся на некотором расстоянии друг от друга. Если валы расположены в непосредственной близости друг от друга, то используются зубчатые или фрикционные передачи.

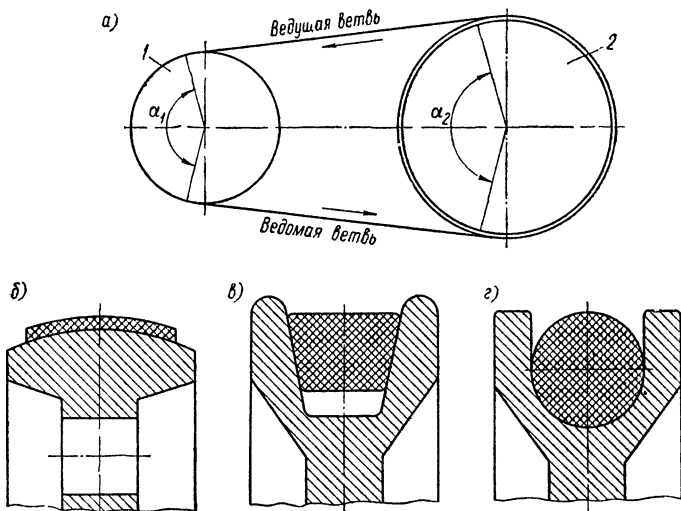


Рис. 4.20. Ременные передачи: а — схема передачи; б — плоскоременная; в — клиноременная; г — с круглым ремнем

Ременные передачи относятся к передачам гибкой связью за счет сил трения. Движение здесь передается с помощью двух шкивов, закрепленных на валах, и натянутого на эти шкивы «бесконечного» плоского, клиновидного или круглого ремня (рис. 4.20). Углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , соответствующие дугам контакта ремня и шкива, называются углами обхвата. Передача работает нормаль-



но, если угол обхвата не менее  $120^\circ$ . Сила трения на участках контакта ремня со шкивом обеспечивается натяжением ремня. При вращении ведущего шкива 1 сила трения дополнительно натягивает одну из ветвей ремня (ведущая ветвь), которая и приводит во вращение ведомый шкив 2.

В машинах и механизмах широко применяются следующие виды плоскоремennых передач: открытым ремнем, полуперекрестные, перекрестные, угловые, со ступенчатыми шкивами.

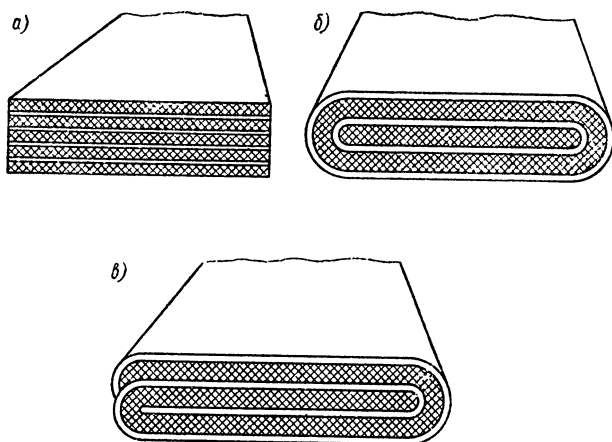


Рис. 4.21. Прорезиненные тканевые ремни: *a* — нарезные типа *A*; *б* — послойно завернутые типа *B*; *в* — спирально-завернутые типа *B*

Плоские ремни бывают кожаными, прорезиненными (рис.4.21), хлопчатобумажными (текстильными), шитыми, ткаными, шерстяными ткаными, шелковыми. Перед установкой кожаные, текстильные и шерстяные ремни в течение трех-пяти суток предварительно вытягивают в специальных приспособлениях.

Концы ремней соединяют склеиванием или сшиванием, существуют также жесткие и шарнирные металлические соединения (рис. 4.22).

Склеивание ремней считается лучшим способом соединения. Для кожаных ремней применяют косое склеивание, для прорезиненных — ступенчатое. В качестве клея для кожаных ремней используют мездровый, желатиновый, рыбный и целлюлозный клеи, для прорезиненных — резиновые тиуратовые клеи 1 и 2-го сортов в

равных долях. Перед склеиванием концы ремня тщательно зачищают, затем жесткой кистью клей наносят на оба конца. Через 5...6 минут (когда клей подсохнет) их покрывают новым слоем клея и накладывают друг к другу. Склеиваемый

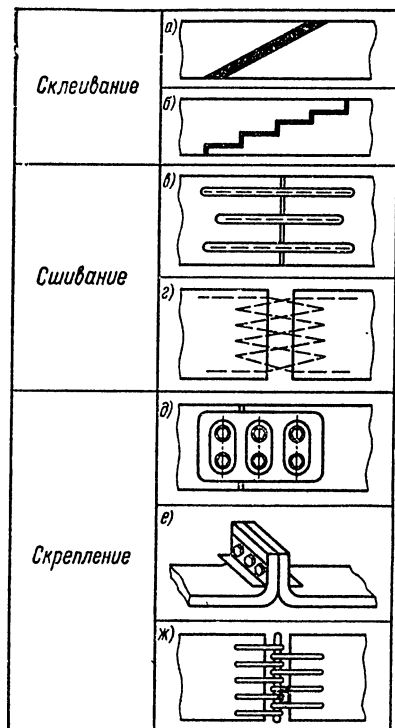


Рис. 4.22. Виды соединения плоских ремней: а — клеем для кожи; б — клеем для резины; в — сыромятными ремнями; г — жильными струнами; д — болтами с накладками (встык); е — болтами с накладками (гребешком); ж — проволочными крючками

рядов корда. Такая конструкция ремней обеспечивает им высокую прочность и большую гибкость. Клиновые ремни (рис. 4.24) устанавливают в машинах в различных положениях, кроме перекрестного.

Нормальная работа клиноременной передачи зависит от положения клинового ремня в канавке шкива (рис. 4.25).

Сборка ременной передачи включает операции ба-

зачищают, затем жесткой кистью клей наносят на оба конца. Через 5...6 минут (когда клей подсохнет) их покрывают новым слоем клея и накладывают друг к другу. Склеиваемый участок ремня помещают между двумя дощечками, зажимают железными планками с помощью болтов и выдерживают в течение 5...8 ч.

При склеивании про-резиненного ремня его концы зачищают ножом, затем напильником делают уступы и промывают бензином. На склеиваемые поверхности кистью три-четыре раза наносят клей, каждый раз давая им высохнуть. Концы ремня накладывают один на другой и зажимают струбцинами между двумя планками. Время сушки при температуре 373 К (100 °С) 3...4 ч, при 293 К (20 °С) — 24 ч. Хорошо склеенные ремни обеспечивают скорость вращения шкивов до 30 м/с.

Ремни для клиноре-менных передач бывают кордтканевые и кордшнуровые трапецидальной формы с углом профиля 40° (рис. 4.23). Они склеиваются из нескольких

лансировки шкивов, закрепления шкивов на валу и регулирования передачи.

Балансировку (устранение неуравновешенности) шкивов осуществляют путем высверливания части металла из шкива или нагружая его специальными грузиками. После балансировки шкив устанавливают на вал и закрепляют.

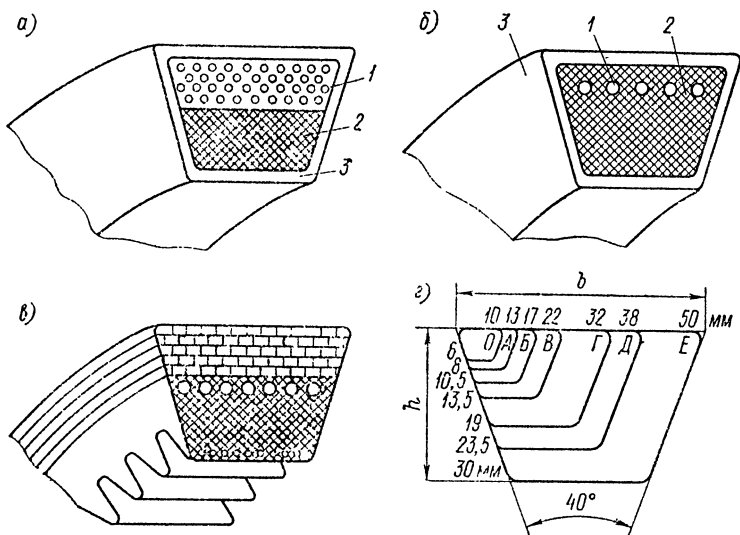


Рис. 4.23. Клиновые приводные ремни: а — кордтканевые; б — кордшнуровые; в — кордшнуровые зубчатые; г — типы клиновых ремней

1 — корд, 2 — резина, 3 — прорезиненная ткань

Наиболее распространенные способы установки и закрепления шкивов на валах показаны на рис. 4.26. В случае применения прессовой посадки шкив напрессовывается с помощью специального приспособления. Для напрессовки шкивов нельзя пользоваться молотками или другими инструментами.

После закрепления шкивов на валу контролируют их торцевое и радиальное биение. Для быстроходных ременных передач допустимое радиальное и торцевое биение зависит от наружного диаметра  $D$  шкива и обычно составляет: радиальное  $(0,0025...0,0050) D$ , а торцевое —  $(0,005...0,010) D$ .

Регулирование ременной передачи заключается в создании определенного усилия натяжения ремня, так как

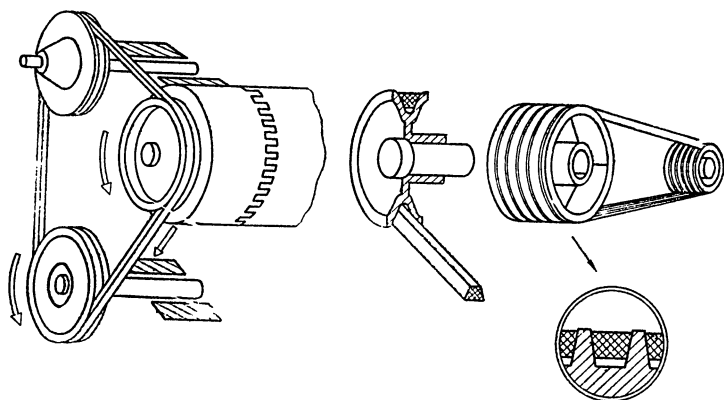


Рис. 4.24. Клиноременные передачи

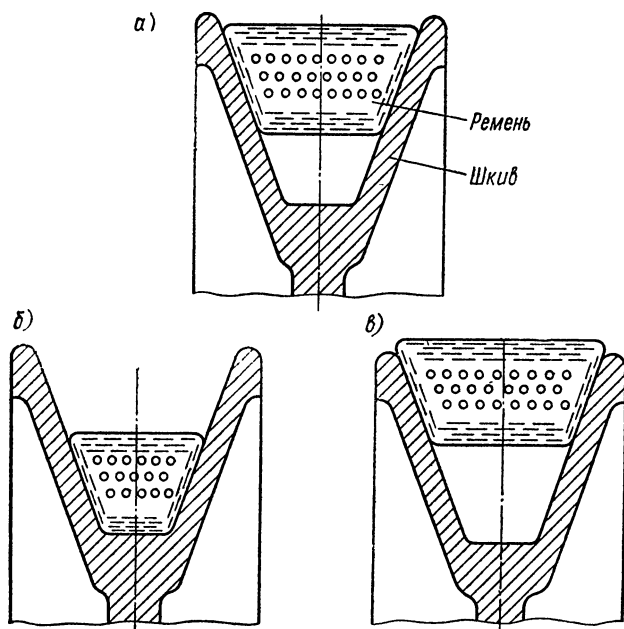


Рис. 4.25. Установка клинового ремня: а — правильная; б, в — неправильная

оно определяет силу трения между ремнем и шкивом, а следовательно, и величину передающего крутящего момента.

К ременной передаче предъявляются следующие требования: она должна работать плавно, без толчков, что зависит от натяжения ремня и качества соединения его концов; ремень при набегании на шкив должен рас-

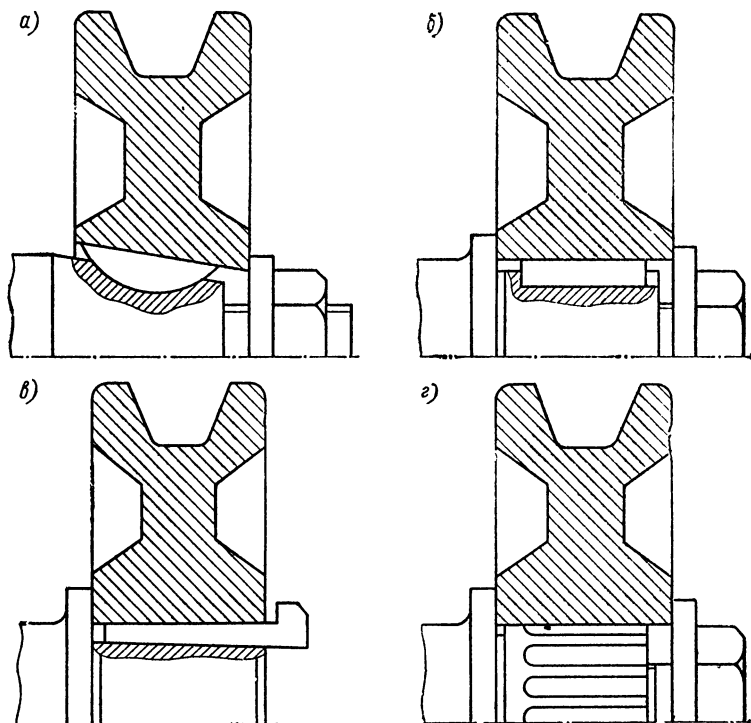


Рис. 4.26. Способы установки шкивов на валу: а...в — на шпонки; г — на шлицы

полагаться точно посередине шкива; наружная поверхность шкива не должна иметь следов обработки, а сами они должны быть отбалансированы.

Цепные передачи, так же как и ременные, относятся к передачам гибкой связью; в то же время они являются одной из разновидностей зубчатых передач. По сравнению с ременной цепная передача имеет ряд преимуществ: она требует меньшего натяжения, сохраняет постоянство передаточного числа (отсутствует про-

скальзывание), позволяет передавать большие крутящие моменты.

В зависимости от назначения цепные передачи делятся на три группы: грузовые (для подъема грузов), тяговые (для перемещения грузов) и приводные (для передачи движения от двигателя к исполнительному механизму). По конструктивным признакам различают пластинчато-зубчатые, втулочные, втулочно-роликовые, пластинчатые блочные со сплошными звеньями и фасоннозвенные цепи.

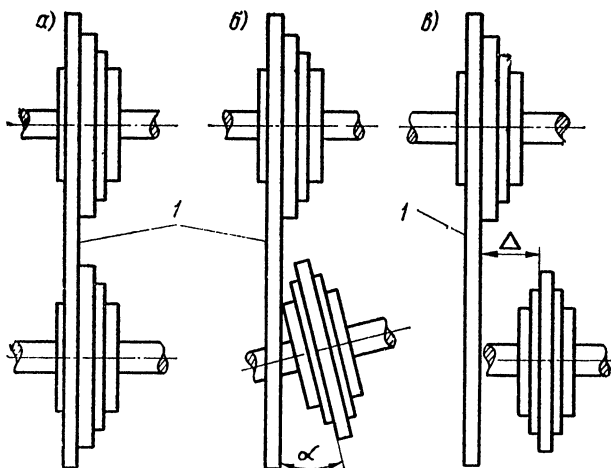


Рис. 4.27. Контроль расположения звездочки линейкой:  
а — правильно, б — перекос ( $\alpha$ ), в — смещение ( $\Delta$ )

Пластинчато-зубчатые цепи применяют для передачи сравнительно больших мощностей при скоростях от 3 до 25 м/с. При работе цепь входит в зацепление со звездочкой, имеющей трапецеидальные зубья с углами впадин от 32 до 57°. Достоинства таких цепей заключаются в плавности и бесшумности движения.

Втулочно-роликовые цепи используют для передачи движения при скоростях от 1 до 15 м/с. Фасоннозвенные цепи широко распространены в тихоходных передачах при скоростях 3...5 м/с (сельскохозяйственные, дорожные, строительные машины).

Сборка цепной передачи включает операции установки и закрепления звездочек на валах, надевания цепи и ее регулирования. Цепные передачи собирают с со-

блюдением тех же правил и приемов, что и ременные. После установки и закрепления звездочек на валах их проверяют на радиальное и торцевое биение.

Правильная работа цепной передачи зависит от параллельности осей звездочек. Ее контролируют по уровню, измерением межосевых расстояний и другими способами. Отклонение от параллельности находят с помощью линейки 1 (рис. 4.27). Непараллельность осей звез-

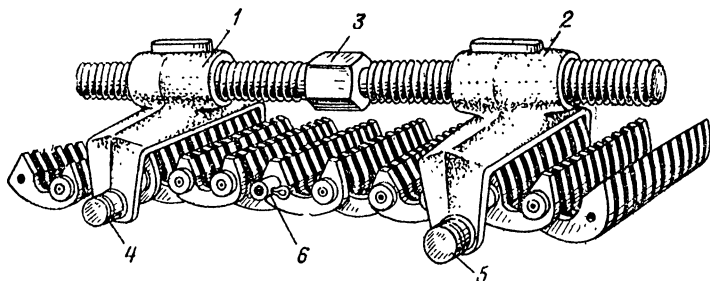


Рис. 4.28. Приспособление для сборки цепей:

1, 2 — установочные гайки с левой и правой резьбой; 3 — винт с шестигранной головкой; 4, 5 — левая и правая установочные гайки; 6 — соединительный шплинт

дочки вызывает появление в передаче дополнительной осевой силы, сдвигающей звездочки. Для устранения смещения звездочки вдоль оси вала предусмотрена возможность регулирования ее положения с последующим закреплением винтом.

Перед сборкой с цепей удаляют предохранительную смазку (очищают и промывают). Цепь, высушенную сжатым воздухом, подгоняют по длине, освобождают от шплинтов и запирающей пластинки. Снимают замыкающее звено, спиливают конец валика перед ним, затем валик выбивают. Отсоединив лишние звенья, на цепь устанавливают снятое замыкающее звено с запирающей пластинкой. Звездочки слегка смазывают густой смазкой, цепь — маслом с графитом. Собранная цепь устанавливается на звездочки в том случае, если они расположены на концах вала. Если звездочки находятся в его средней части, то сборка цепи осуществляется непосредственно на звездочках с применением приспособлений (рис. 4.28).

Фасоннозвенные цепи собирают путем последовательного сочленения звеньев без применения каких-либо крепящих устройств. Цепь на звездочки необходимо

надсвять так, чтобы крючки звеньев были направлены в сторону движения цепи.

Натяжение ветвей в правильно собранной передаче должно быть строго определенным. Недостаточное натяжение цепи ухудшает ее набежание на ведомую звездочку, а излишнее натяжение вызывает усиленный износ зубьев, подшипников и самой цепи. Операция регулирования натяжения цепи обычно называется настройкой передачи. Стрела провисания цепи зависит от положения передачи (горизонтальное, наклонное, вертикальное) и от межосевого расстояния. Требуемая величина стрелы провисания определяется заранее и указывается в технических условиях на сборку.

Фрикционные передачи (рис. 4.29) служат для передачи вращательного движения между валами с помощью сил трения и используются в фрикционных механизмах (фрикционные муфты, тормоза, вариаторы скорости и т. д.).

Фрикционные муфты в зависимости от назначения бывают сцепными или предохранительными. Сцепные муфты могут находиться в постоянном сцеплении, а при необходимости — разъединяться или соединяться (муфты сцепления).

Предохранительные муфты предназначены для предохранения привода от поломок во время перегрузок при передаче крутящего момента.

Надежность муфты определяет эксплуатационные качества всей машины. Поэтому при сборке к ним предъявляются высокие требования: допустимый нагрев фрикционных муфт — не более 338 К (65 °С), запас сцепления — 1,25. При этом диски, конусы фрикционных муфт должны работать всей поверхностью и прижиматься с определенным усилием.

Тормоз — механизм или устройство для уменьшения скорости или полной остановки машины. Для тормозов независимо от их назначения важнейшими показателями являются время торможения и скорость, при которой начинается торможение. Время торможения зависит от усилия прижима колодки или ленты и величины зазора между ними и вращающимися частями тормоза. Поэтому фрикционный материал в тормозах должен прилегать к колодке или стальной ленте плотно, без складок и выпучиваний, а площадь его контакта с поверхностью торможения составлять не менее 80%. Головки заклепок не должны выступать над поверхностью фрикционного материала.



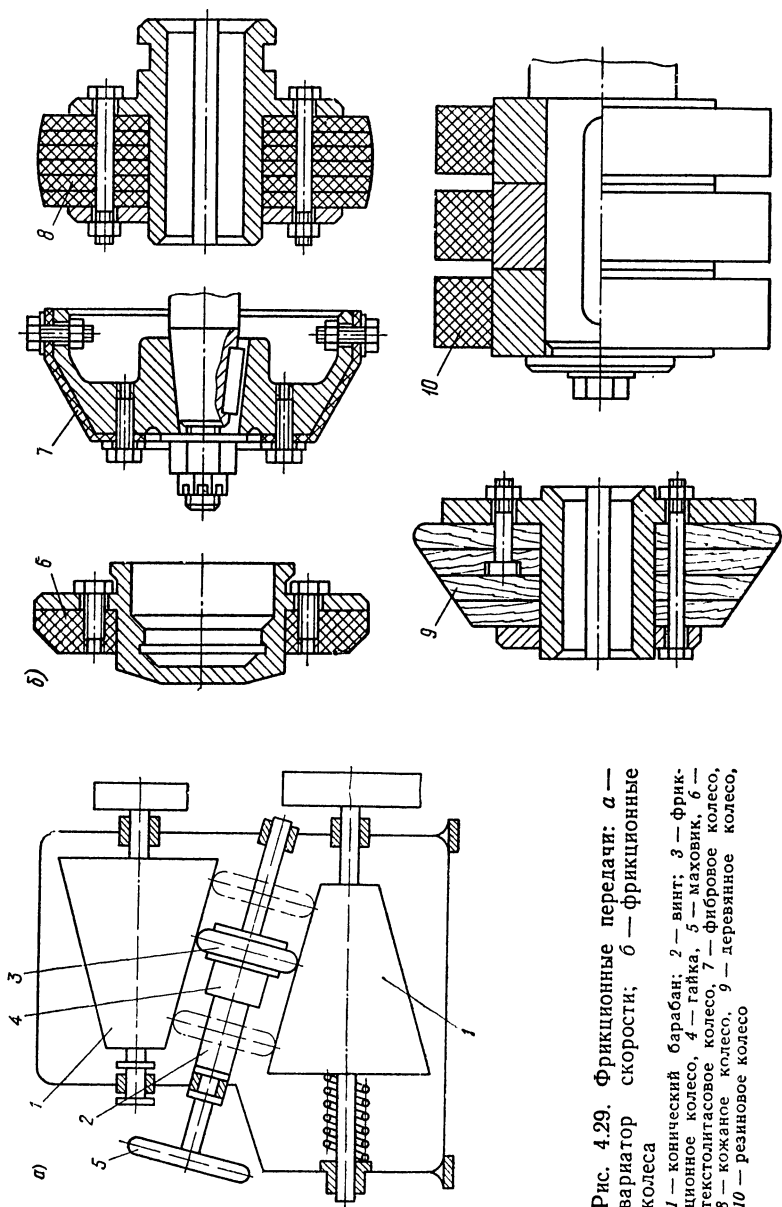


Рис. 4.29. Фрикционные передачи: а — вариатор скорости; б — фрикционные колеса

1 — конический барабан; 2 — винт; 3 — фрикционное колесо; 4 — гайка; 5 — маховик; 6 — текстолитовое колесо; 7 — фибровое колесо; 8 — кожаное колесо; 9 — деревянное колесо; 10 — резиновое колесо

Поверхность фрикционного материала в собранном тормозе не соприкасается с вращающимся барабаном, что обеспечивается определенным зазором между трущимися поверхностями. Чрезмерно малый зазор может вызвать нагрев трущихся пар и быстрый их износ.

Передача вращательного движения с одного вала на другой в фрикционных механизмах осуществляется при

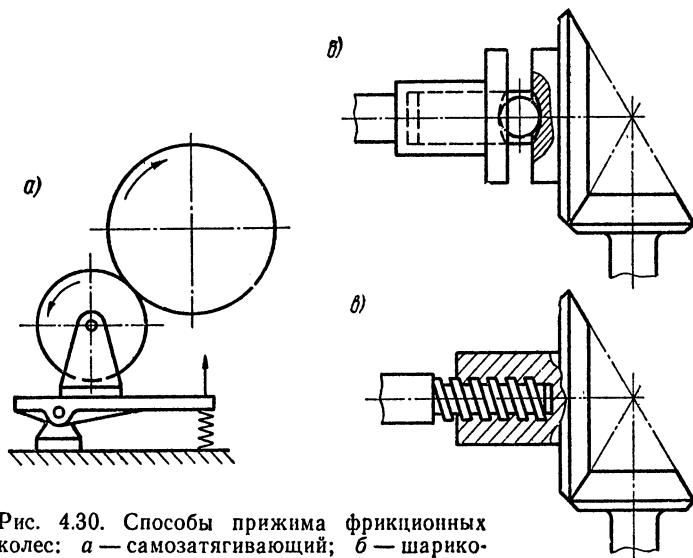


Рис. 4.30. Способы прижима фрикционных колес: *a* — самозатягивающийся; *б* — шариковый; *в* — винтовой

помощи фрикционных колес. Величина передаваемого крутящего момента в этих передачах зависит от усилия поджима и коэффициента трения фрикционных пар (рис. 4.30). Сборка фрикционных колес на валу производится так же, как и сборка зубчатых колес.

#### 4.5. Сборка механизмов поступательного и преобразовательного движения

Механизмы поступательного и преобразовательного движения широко применяются в металлорежущих станках, кузнечно-прессовом оборудовании, текстильных машинах, двигателях внутреннего сгорания, различных приборах. К ним относятся винтовые, кривошипно-шатунные, эксцентриковые, кулисные, храповые, речные и другие механизмы. Чаще всего они преобразуют вращательное движение в поступательное.

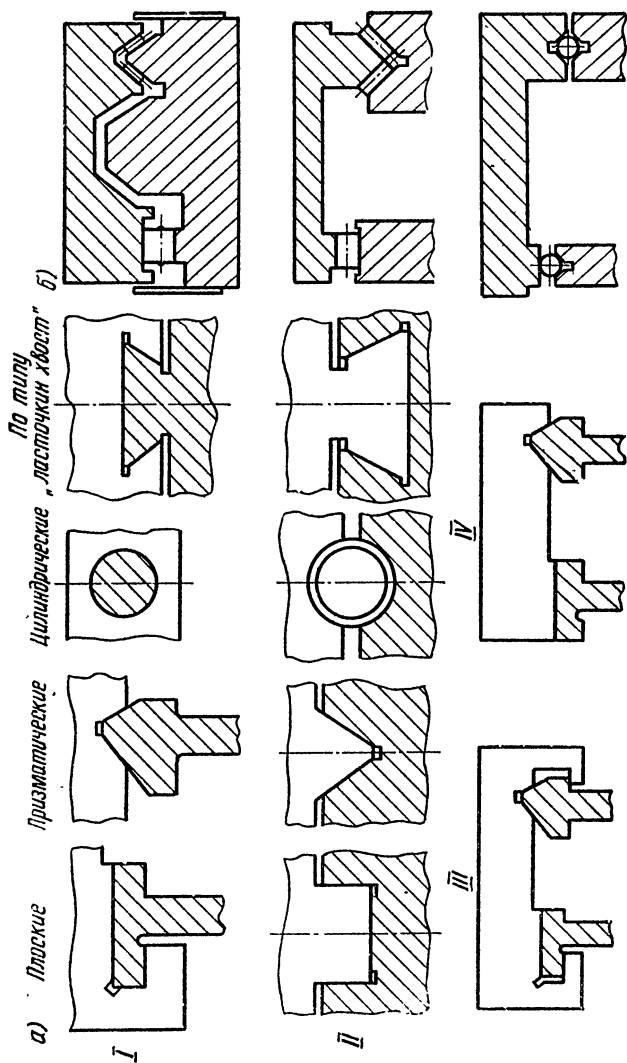


Рис. 4.31. Конструкции направляющих: а — скользящие; б — качения  
 I — охватываемые, II — охватывающие, III — закрытые, IV — открытые

Сборка механизмов поступательного движения. При поступательном движении поверхности, по которым скользят подвижные части, называют направляющими. Направляющие поверхности в большинстве случаев размещаются на станинах, корпусах, рамах и других основных деталях машин. Например, стол строгального станка и суппорт токарного станка перемещаются по направляющим, расположенным на станине. В зависимости от назначения машины (станка) направляющие имеют различную форму и конструкцию (рис. 4.31); они могут быть охватывающими, охватываемыми, закрытыми и открытыми.

Направляющие служат для поступательного перемещения подвижных частей в горизонтальном, вертикальном и наклонном направлениях. В машинах обычно предусматривают не менее двух направляющих различной формы, комбинация которых надежно обеспечивает прямолинейное перемещение подвижных узлов станка. Выполняют их за одно целое со станиной, корпусом, рамой (рис. 4.32, б). Направляющие бывают и накладными (рис. 4.32, а, в), их изготавливают из стали или пластмассы (гетинакс, винипласт, капрон, текстолит). Стальные направляющие крепят болтами или винтами с потайными головками, а пластмассовые — клеем или пластмассовыми штифтами. Нормальная работа направляющих во многом зависит от их прямолинейности, состояния сопрягаемых поверхностей, наличия смазочных устройств.

Точность изготовления направляющих в зависимости от назначения машины определяется: а) отклонением от прямолинейности и параллельности не более 0,01...0,05 мм на длине 1000 мм; б) отклонением от перпендикулярности не более 0,01...0,02 мм на длине 1000 мм; в) шероховатость поверхности направляющих должна соответствовать  $R_a = 1,25...0,32$ . Для прецизионных станков отклонение от прямолинейности — не более 0,002 мм на длине 1000 мм, а шероховатость поверхности  $R_n = 0,04...0,02$ .

Плотность прилегания сопряженных деталей проверяют на краску. На площади  $25 \times 25$  мм необходимо иметь не менее 25 пятен контакта для направляющих прецизионных станков, 16 — для направляющих станков повышенной точности, 10 — для направляющих с шириной поверхности скольжения до 250 мм, не менее 6 — для направляющих с шириной поверхности скольжения свыше 250 мм. Направляющие, обработанные

шлифованием, тонким строганием или фрезерованием, при проверке на краску должны иметь ее следы по всей поверхности без пробелов.

Плотность прилегания узлов и деталей, скользящих по направляющим базовой детали, определяют щупом толщиной 0,04 мм. Щуп не должен входить между под-

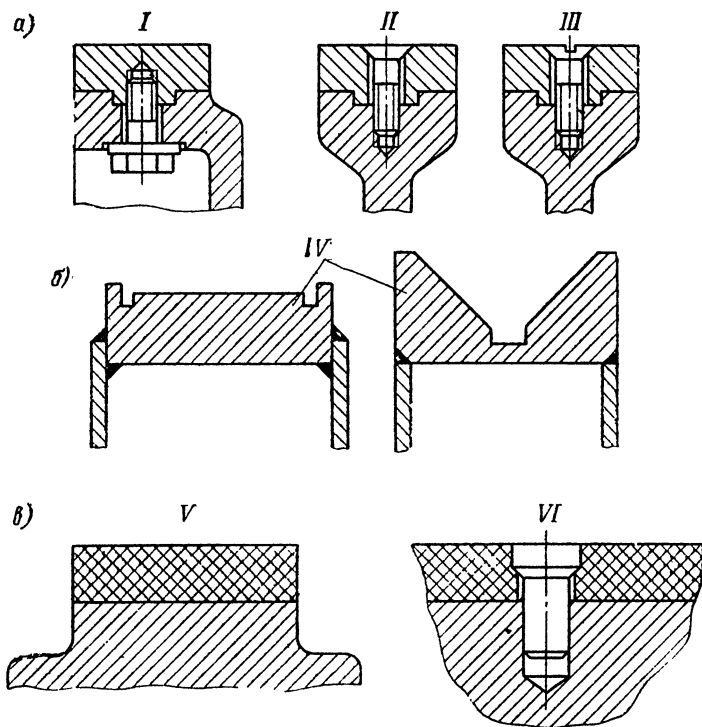


Рис. 4.32. Накладные направляющие и способы крепления:

*I* — болтом, *II* — клепаной шпилькой, *III* — винтом, *IV* — сваркой, *V* — на клей, *VI* — штифтом

вижной частью и направляющей. Допускается лишь «закусывание» щупа на длине 25 мм с торцов направляющих.

На сборку детали обычно поступают окончательно обработанными. Основные задачи сборки: довести эти детали до требуемой точности, придать им правильную геометрическую форму и установить в машину в строго определенном положении.

Сборка сборочных единиц с поступательно движу-

щимися деталями в основном сводится к отделке направляющих, пригонке сопрягаемых с ними деталей и регулированию зазоров.

Отделка поверхностей направляющих может быть осуществлена шабрением, тонким строганием, шлифованием и притиркой.

Шабрение обеспечивает наиболее высокую точность поверхности любой длины и конфигурации. Короткие направляющие шабруют обычными приемами, а длинные — при помощи плит и линеек по так называемым маякам. Качество шабрения проверяют контрольно-поверочным инструментом и специальными приспособлениями.

Направляющие, изготовленные за одно целое со станиной, не требуют сборочных работ. Накладные направляющие перед отделкой должны быть собраны и закреплены на станине. Установку этих направляющих осуществляют по уровню с помощью клиньев и специальных подставок-башмаков, а крепление — с помощью болтов, шпилек, штифтов и клея.

Пригонка направляющих и сопряженных с ними сборочных единиц и регулирование зазора между трущимися поверхностями производится с помощью регулирующих устройств-компенсаторов (рис. 4.33). Компенсаторы представляют собой прямоугольные или косоугольные (с уклоном 1:40...1:100) планки или клинья, которые перемещаются в продольном направлении и закрепляются в определенном положении винтами. Регулирующие планки или клинья устанавливаются, как правило, с ненагруженной стороны поджимаемой детали.

В результате отделки и пригонки все сборочные единицы, сопрягающиеся с направляющими (ползуны, каретки, столы), свободно передвигаются. При этом возможность их опрокидывания или отрыва от направляющих должна быть исключена. Сборочные единицы, сопрягающиеся с вертикальными направляющими (ползуны прессов, консоли фрезерных станков, шпиндельные бабки и т. д.), перемещают вниз под действием собственного веса. При этом должна сохраняться заданная плотность сопряжения.

Неотъемлемой частью сборки машин является проверка правильности расположения и формы направляющих; а также контроль сборочных единиц, совершающих поступательное движение. В первую очередь проверяют отклонения от прямолинейности в плоскости (плоскостность), прямолинейности в заданном направлении,

параллельности, перпендикулярности, горизонтальности. Затем определяют правильность формы поверхности с помощью угломеров, шаблонов, линейек или специальных фасонных плит. Проверку угломерами, шаблонами, линейками производят методом световой щели, а проверку плитам — на краску.

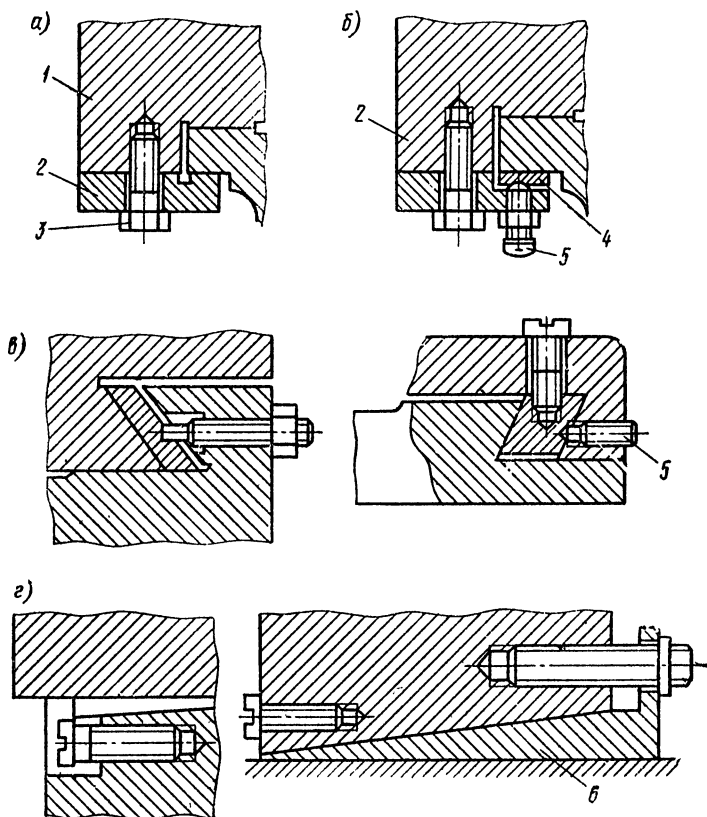


Рис. 4.33. Способы регулирования зазоров: *а...в* — планкой; *г* — клином  
 1 — стол, 2 — планка; 3 — крепежные болты, 4 — уплотнительная планка, 5 — регулировочный винт, 6 — клин

Контроль отклонения от прямолинейности в плоскости, т. е. соответствия контролируемой плоскости эталонной, осуществляют с помощью поверочных плит (рис. 4.34, *а*) или контрольных линейек и плоскопараллельных концевых мер.

Контроль отклонения от прямолинейности в заданном направлении, т. е. соответствие контролируемой поверхности эталонной прямой линии, осуществляют с помощью уровня, на краску, посредством специального мостика с индикаторами, микроскопа, струны или сообщающихся сосудов. Используются также оптические методы контроля (рис. 4.34, б), которые обеспечивают высокую точность проверки.

Контроль отклонения от параллельности проводят с помощью различных универсальных инструментов (штангенрейсмусов, глубиномеров и т. д.), специальных приспособлений и оптических методов (рис. 4.34, в). Плиту с направляющим валиком перемещают вдоль базовой поверхности станины. По показанию индикатора определяют параллельность поверхностей *A* и *B*.

Контроль отклонений от перпендикулярности поверхностей сборочных единиц корпусного типа производят с помощью угольников. Размеры и конструкции угольников зависят от размеров и характера расположения поверхностей. В тех случаях, когда стандартные угольники не подходят, используют специальные угольники с выносными (расположенными уступом) сторонами.

Для количественной оценки отклонений от плоскостности плоскостей применяют щупы или плоскопараллельные концевые меры, а также специальные контрольно-измерительные приспособления с индикаторами или измерительными головками.

Сборка винтовых механизмов. В винтовых механизмах (рис. 4.35) ось винта *1* должна быть строго параллельна направляющим *2* и при вращении всегда совпадать с осью корпуса гайки *3*.

Ходовые винты станков бывают цельными или составными с прямоугольной или трапецидальной резьбой. В некоторых механизмах гайку рабочего винта делают разрезной, состоящей из двух половинок *4* и *5*. Для уменьшения трения винтовые пары изготавливают из разнородных материалов: винты в зависимости от назначения — из конструкционных углеродистых сталей, из инструментальной стали У10 или У12, износостойких сталей 65Г, ХВГ, а гайки — из чугуна, оловянной бронзы ОФ10—0,5 или цинково-свинцовой бронзы ОЦСб—6—3. У винтовых пар из таких материалов КПД достигает 0,80...0,95. Еще больший эффект имеют шариковые винтовые передачи, применяемые для механизмов рулевого управления автомобилей, в делительных механизмах и т. д.



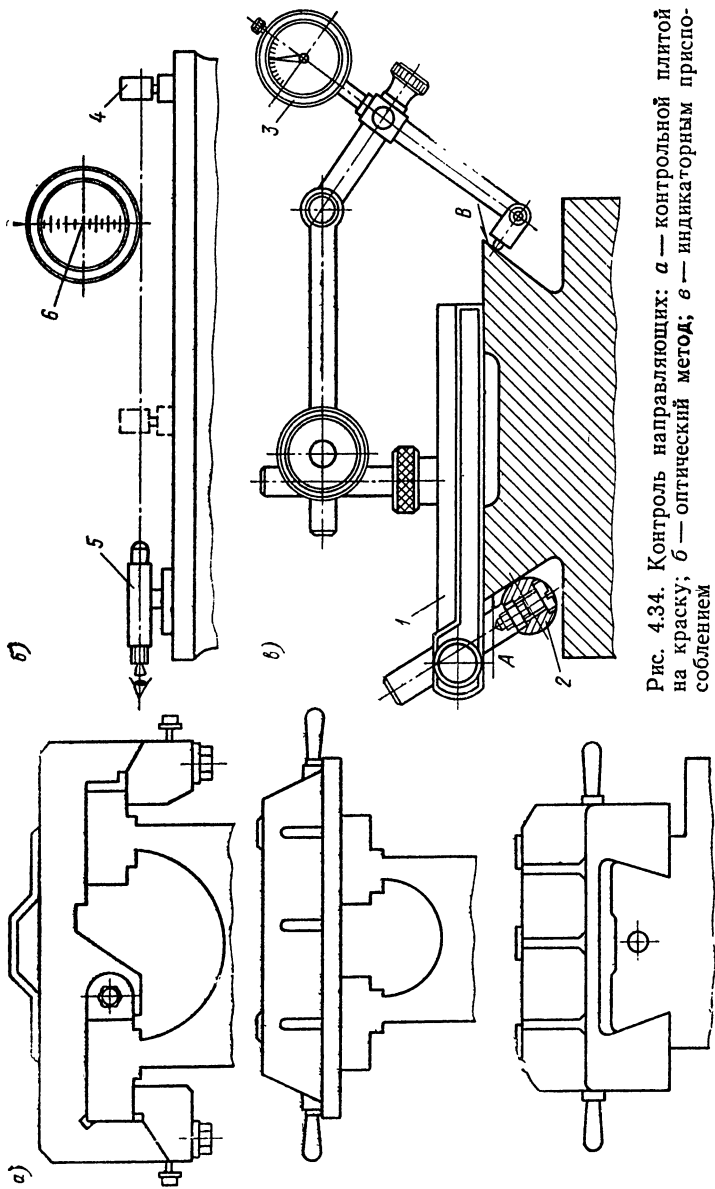
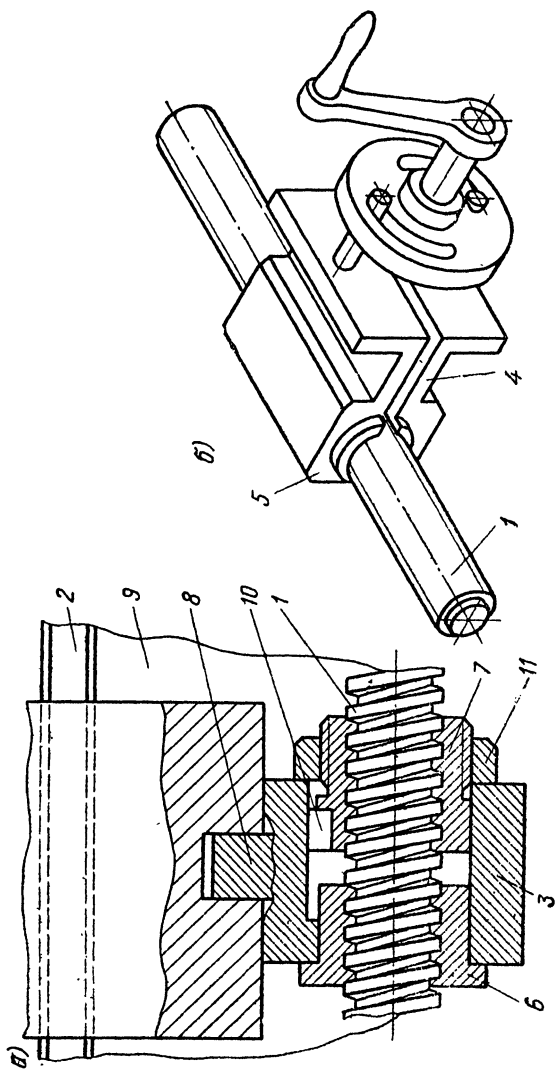


Рис. 4.34. Контроль направляющих: а — контрольной плитой на краску; б — оптический метод; в — индикаторным приспособлением

1 — плита, 2 — валик, 3 — индикатор, 4 — оптическая марка, 5 — оптическая труба, 6 — оптическая ось



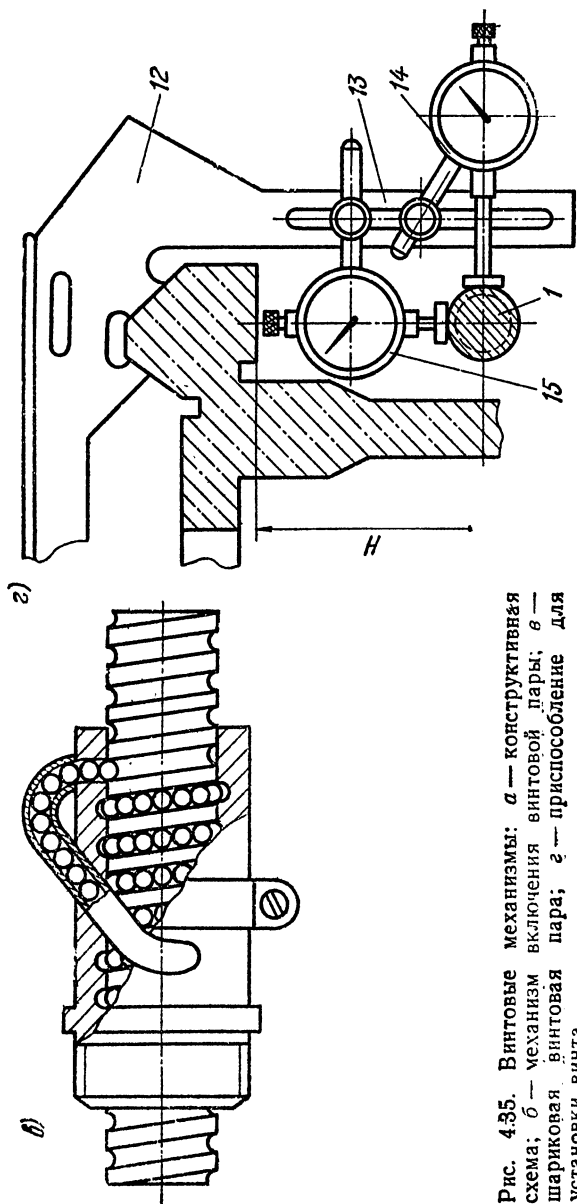


Рис. 4.35. Винтовые механизмы: а — конструктивная схема; б — механизм включения винтовой пары; в — шариковая винтовая пара; г — приспособление для установки винта

Сборку винтового механизма начинают с промывки и просушки сборочных единиц, пригонки и проверки опорных поверхностей на краску и проверки плавности и легкости хода гайки по винту. Затем производят сборку гайки, установку винта, регулировку и контроль собранного механизма. Точность сборки механизма определяется его назначением и конструкцией.

Гайка винта состоит из двух бронзовых втулок 6 и 7 с внутренней резьбой, смонтированных в корпусе гайки 3. При сборке шип 8 корпуса подгоняют к пазу ползуна 9. Он должен входить в паз плотно, не качаясь. В корпус 3 запрессовывают и затем закрепляют винтами резьбовую втулку 6. Втулку 7 со вставленной в ее паз шпонкой 10 монтируют с другой стороны корпуса 3. Втулку 7 устанавливают так, чтобы ее можно было без качки смещать вдоль оси. Это достигается пригонкой шпонки 10 к пазу корпуса. На резьбовую часть втулки 7 навинчивают регулировочную гайку 11. Собранную гайку навинчивают на винт и устанавливают на место. При этом шип 8 корпуса гайки вводят в паз ползуна 9 и корпус окончательно закрепляют винтами.

Для установки винта 1 на направляющие станины помещают приспособление 12, с помощью которого его размещают на требуемом расстоянии  $H$  от направляющих. Правильно смонтированный винт вращается без осевого перемещения, а его торец, нагруженный осевой силой, при правом и левом вращении не смещается более чем на 0,01...0,03 мм.

Из-за наличия зазоров в сопряжении винт-гайка винтовые механизмы имеют «мертвый ход», т. е. при повороте винта на некоторый угол гайка и связанный с ней ползун не перемещаются. Поскольку в большинстве винтовых механизмов желательно иметь минимальный «мертвый ход», в гайках часто предусматривают устройства для его регулирования. Подтягивая гайку 11 и тем самым уменьшая величину зазора в сопряжении винта и втулок 6 и 7 «мертвый ход» можно регулировать.

После сборки винтового механизма проверяют положение осей подшипников винта относительно направляющих в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Для этого применяют универсальное приспособление 12, которое устанавливают на направляющих. Приспособление состоит из мостика 13 с индикаторами 14 и 15. Индикаторы крепят так, чтобы их измерительные стержни касались наружной поверхности винта 1 по верх-

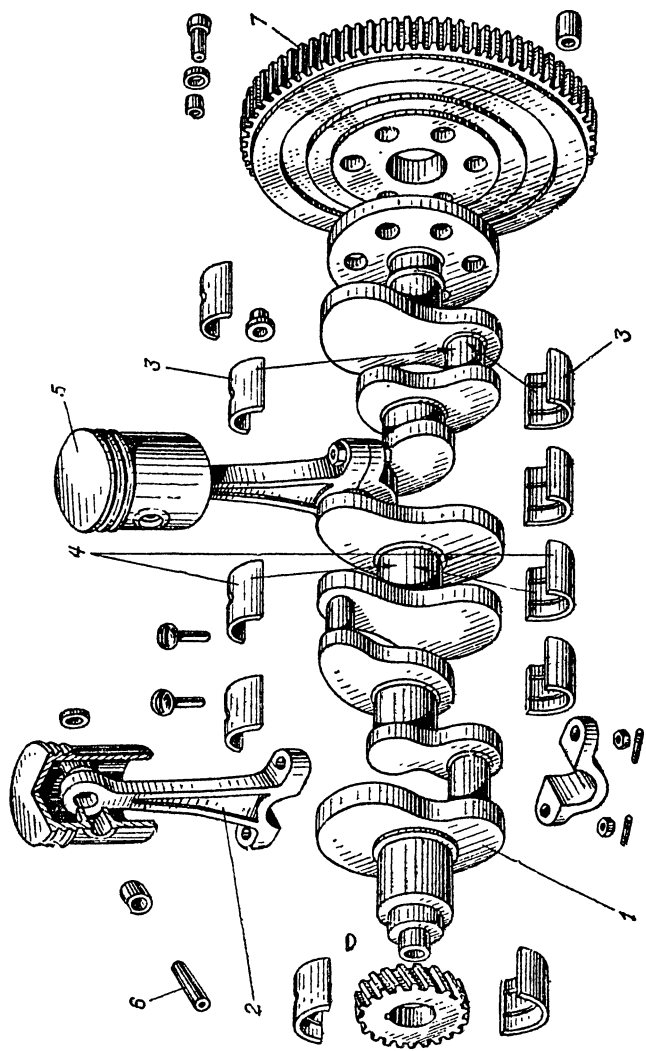


Рис. 4,36. Детали кривошипно-шатунного механизма

ней и боковой образующим. Замеры производят у переднего и заднего подшипников, погрешность установки винта определяют как алгебраическую разность показаний индикаторов. Допустимая погрешность — 0,1...0,2 мм.

Сборка кривошипно-шатунных механизмов. Эти механизмы предназначены для преобразования поступательного движения во вращательное и, наоборот, — вращательного в поступательное. Первый тип механизмов широко применяется в паровых машинах и двигателях внутреннего сгорания. Механизмы второго типа используются в компрессорах, поршневых насосах, кривошипно-шатунных прессах и т. д. Основными деталями кривошипно-шатунного механизма (рис. 4.36) являются коленчатый вал 1, кривошип (или кривошипный диск), шатун 2, коренные 3 и шатунные 4 подшипники, поршень 5, поршневой палец 6, шкив и маховик 7. Коленчатый вал — одна из наиболее ответственных деталей механизма, он преобразует поступательное движение во вращательное.

Маховик 7 служит для уменьшения неравномерности вращения коленчатого вала и вывода поршней из мертвых точек. Обладая большой массой и инерцией, он облегчает пуск двигателя (механизма) и обеспечивает плавный переход от одной частоты вращений к другой.

Шатун механизма (рис. 4.37) обеспечивает шарнирное соединение коленчатого вала (кривошипа или кривошипного диска) с поршневой группой. Сборку шатуна начинают с запрессовки втулки 1 в его верхнюю головку 2 так, чтобы ее торцы были заподлицо с торцом головки шатуна. Поскольку диаметр отверстия втулки после запрессовки уменьшается, то после нее требуется чистовое растачивание, протягивание или развертывание отверстия.

Сборку вкладышей шатуна начинают с проверки параллельности плоскостей разъема вкладышей 3 и 4 на краску. Если плоскости вкладышей параллельны, то пятна краски располагают по всей плоскости разъема и качества вкладыша на плите не наблюдается. Если плоскости не параллельны, то их необходимо пришабрить. Допустимая величина выхода вкладышей из крышек шатуна обычно составляет 0,05...0,15 мм. После установки вкладышей в крышку 5 и головку 6 шатуна их соединяют болтами 7 и гайками 8, используя регулировочные прокладки 9 из меди или латуни толщиной до 0,05 мм. Отверстие шатуна после сборки контролируют на оваль-

ность и конусообразность индикаторным нутромером. Затем проверяют параллельность осей втулки, запрессованной в верхнюю головку шатуна, и подшипников нижней головки. Для этой цели применяют специальные приспособления (рис. 4.38, а). Шатун 1 нижней головкой 2 устанавливают на разжимную оправку 3, а в его верхнюю головку помещают палец 4. На палец ставят призму 5 с тремя штифтами 6, которые упираются в плоскость плиты 7. В случае непараллельности осей один из штифтов образует зазор с плоскостью плиты. Величина зазора, которую замеряют щупом 8, не должна превышать 0,03...0,05 мм.

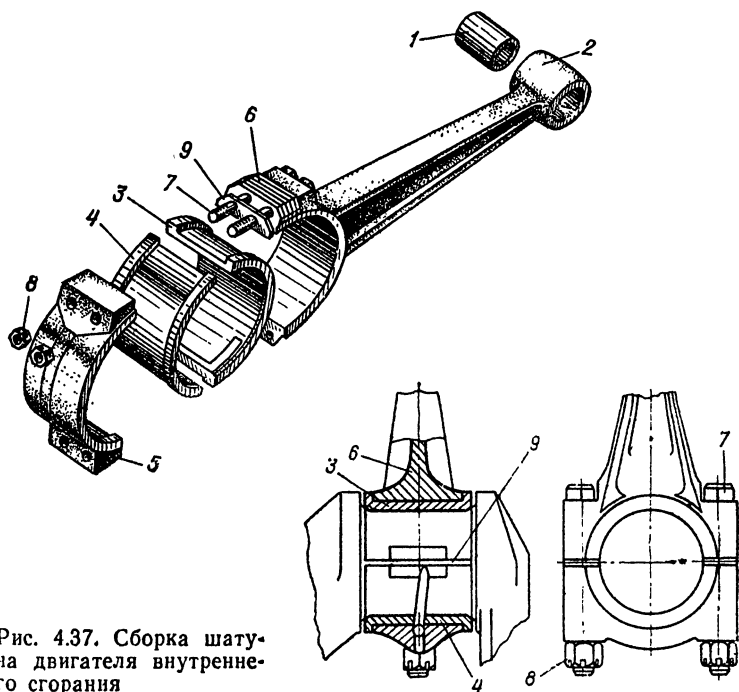


Рис. 4.37. Сборка шатуна двигателя внутреннего сгорания

После сборки и контроля шатуна приступают к сборке поршневой группы. Поршневая группа состоит из цилиндра, поршня, поршневых колец, поршневого пальца и деталей уплотнения. В машинах-двигателях поршни передают кривошипно-шатунным механизмом осевое усилие, создаваемое в цилиндрах давлением пара или газа. В рабочих машинах поршни воспринимают осевые усилия от кривошипно-шатунных механизмов, осуществ-

ляя сжатие и подачу воздуха, газов и жидкостей под давлением.

Надежность работы поршневой группы зависит от правильно выбранных зазоров между поршнем и цилиндром, между поршневыми кольцами и канавками в поршне. Величина зазора устанавливается в зависимости от назначения машины и условий ее изготовления.

При сборке поршневых групп крупных двигателей, изготавливаемых в условиях единичного производства, поршни подбирают по их фактическим размерам. В условиях крупносерийного производства применяют сортировку поршней и цилиндров на группы по размерам. Этот способ позволяет получить вполне определенную и постоянную величину зазора между поршнем и цилиндром. Поршни для быстроходных машин сортируют не только по размерам, но и по массе. Масса поршней в одном комплекте не должна различаться более чем на 5%.

Подобрав поршни по размерам и массе, на них устанавливают поршневые кольца. Кольца поступают на сборку окончательно обработанными, однако в ряде случаев перед их установкой рекомендуется проверить величину зазора между канавкой поршня и кольцом. В условиях единичного и мелкосерийного производства поршневые кольца подбираются по поршню. Перед сборкой их проверяют на упругость и прилегание к зеркалу цилиндра, контролируют зазоры в стыках. Величина зазора в стыке (замке) оказывает существенное влияние на работоспособность двигателя. Большой зазор может вызвать прорыв газов. Если зазор будет слишком мал, то при нагреве концы кольца упрутся друг в друга, повредив стенки цилиндра. Величина зазора в стыке поршневых колец двигателей внутреннего сгорания составляет 0,02—0,5 мм.

На поршень кольца надевают с помощью специальных приспособлений. При этом необходимо расположить замки относительно друг друга на 90, 120, 180° и проверить вероятность заедания кольца в канавке поршня, а также зазоры между кольцом и канавкой в поршне.

При сборке поршня с шатуном (рис. 4. 38, б) сначала вводят шатун 1 в поршень 9 до совмещения отверстий под поршневой палец 10 с отверстием верхней головки 4 шатуна. Поршневой палец смазывают и легким нажимом вставляют в отверстие поршня. Затем устанавливают распорные кольца 11, предохраняющие поршневой па-



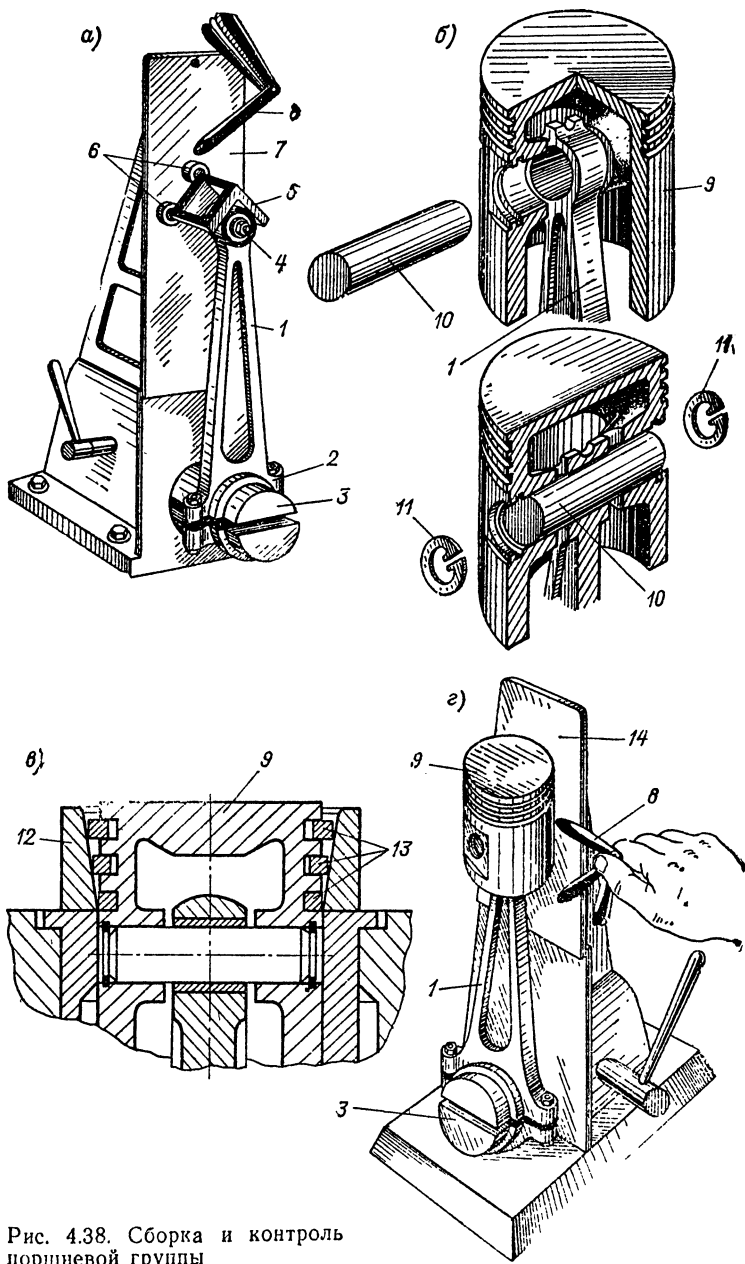


Рис. 4.38. Сборка и контроль поршневой группы

лец от осевых перемещений в процессе работы двигателя. Если технология сборки предусматривает установку пальца с натягом, то предварительно поршень нагревают в горячем масле до температуры 333...343 К (60...70 °С). Поршневые кольца на поршне находятся в свободном состоянии, их наружный диаметр больше его диаметра.

Поршень вставляют в цилиндр при помощи приспособления (рис. 4.38, *в*), представляющего собой цилиндр 12 с конусной внутренней поверхностью, меньший диаметр которой равен диаметру цилиндра. Приспособление устанавливают на торец цилиндра. Поршневые кольца 13 при опускании поршня 9 сжимаются и легко входят в цилиндр.

После сборки поршня с шатуном проверяют перпендикулярность оси кривошипной головки шатуна к оси поршня (рис. 4.38, *з*). Шатун 1 устанавливают кривошипной головкой на разжимную оправу 3 так, чтобы поршень 9 коснулся боковой поверхности кронштейна 14. Если оси не перпендикулярны, то между цилиндрической поверхностью поршня и плоскостью кронштейна образуется зазор, который измеряют щупом 8. Величина допустимого зазора для шатунов с расстоянием между осями головок 300 мм составляет 0,03...0,05 мм.

При сборке поршневых групп возможны перекосы поршневых пальцев во втулках поршней, недостаточные или чрезмерные зазоры между пальцами и втулками, кольцами и канавками поршней и т. д. Устранить указанные дефекты можно заменой деталей, вызывающих перекося или неправильный зазор.

---

Гидравлическими и пневматическими приводами называются приводы, в которых рабочим телом является жидкость либо сжатый воздух. Такие приводы отличаются сравнительно малыми габаритными размерами и массой на единицу передаваемой мощности, возможностью бесступенчатого регулирования скорости, удобством в эксплуатации, высоким кпд. Они используются в механизмах вращательного, возвратно-поступательного, а также прерывистого движения.

Гидро- и пневмосистемы машин и агрегатов состоят из силовых устройств (рабочие цилиндры, насосы, гидромоторы), механизмов управления и трубопроводов, соединяющих отдельные элементы пневмогидросистем.

### **5.1. Сборка и разборка трубопроводных систем**

Системы трубопроводов применяются в силовых установках (для подвода воды и топлива), в станках и технологическом оборудовании (для подвода масла к подшипникам, гидравлическим зажимам), в прессах (для подачи сжатого воздуха в цилиндр) и т. д.

Трубопровод (рис. 5.1) состоит из труб, соединяемых фитингами (муфтами, угольниками, тройниками) или фланцами (рис. 5.2), крепежных деталей и арматуры (кранов, вентилей). В зависимости от назначения различают трубопроводы низкого, среднего и высокого давления. Для передачи охлаждающих жидкостей низкого давления используют обычные водогазопроводные трубы, для горячей воды и пара среднего давления —

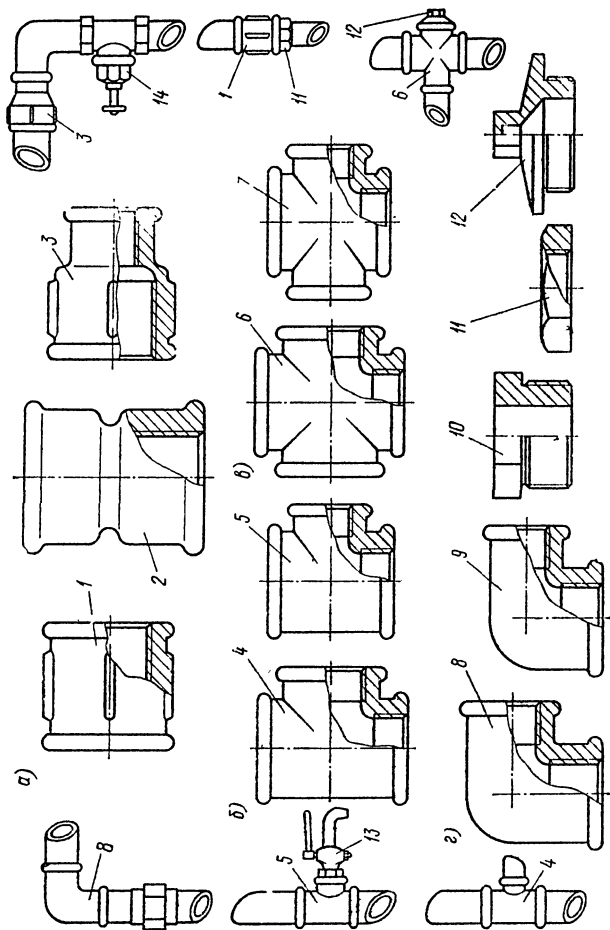


Рис. 5.1. Детали и узлы трубопроводов: а — муфты; б — тройники; в — кресты; г — угольники

1 — прямая муфта, 2 — соединительная муфта, 3 — переходная муфта, 4 — прямой тройник, 5 — переходной тройник, 6 — прямой крест, 7 — переходной крест, 8 — прямой угольник, 9 — переходной угольник, 10 — футорка, 11 — контргайка, 12 — пробка, 13 — кран, 14 — вентиль

бесшовные трубы, для рабочей жидкости в гидропрес-сах — стальные цельнотянутые трубы. Общими требова-ниями для всех трубопроводов является чистота внут-реннего прохода, герметичность, долговечность и удоб-ство в обслуживании.

Соединения трубопроводов могут быть неподвижны-ми разъемными, подвижными разъемными и неподвиж-ными неразъемными. К неподвижным разъемным со-единениям относятся соединения на резьбе с помощью фитингов и фланцев с прокладками, к подвижным разъ-емным соединениям — шланговые, к неподвижным не-разъемным соединениям — сварные и выполненные раз-вальцовкой или отбортовкой.

Сборка трубопроводов обычно состоит из двух эта-пов: подготовительного и сборочно-монтажного.

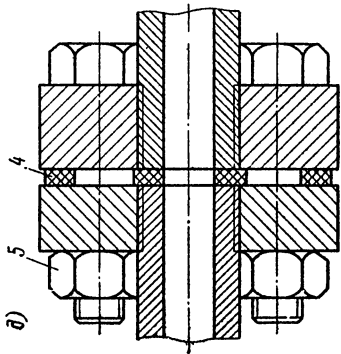
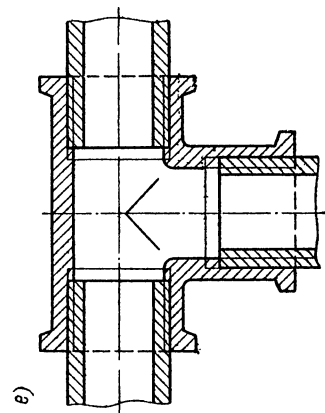
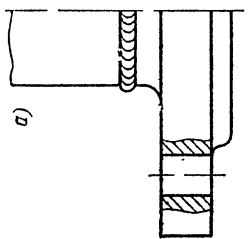
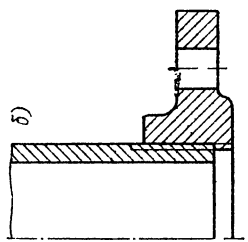
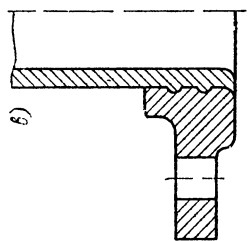
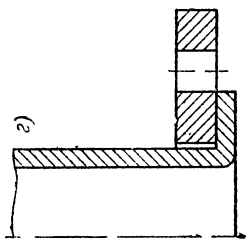
Основными подготовительными операциями являют-ся разметка, отрезка, очистка, нарезание резьбы, гибка труб, разбортовка, развальцовка, сварка и сборка дета-лей в сборочные единицы.

Наиболее сложной и трудоемкой операцией на этапе подготовки является гибка труб (рис. 5.3). Ее осуществ-ляют вручную, либо на трубогибочных станках с элект-рическим, пневматическим или пневмогидравлическим приводом.

При гибке труба 1 (рис. 5.3, а) устанавливается меж-ду упором 2 и неподвижным роликом 3. Трубу сгибают, обкатывая подвижный ролик 4. Сечение круглой трубы в местегиба принимает эллиптическую форму. В сжа-той зоне волокна металла теряют устойчивость, вслед-ствие чего образуются складки.

Высокое качество гибки труб вручную обеспечива-ется применением специального приспособления (рис. 5.3, б), которое устанавливается в тиски и закрепляется за бобышку 5, приваренную к основанию 6. Труба кре-пится зажимом 7. Поворачивая ручку 8 относительно копира 3, обкатывают подвижный ролик 4 и гнут трубу. В этом случае труба находится в закрытом русле, обра-зованном подвижным роликом и копиром. Иногда для уменьшения искажения конфигурации поперечного сече-ния трубы применяют несжимаемый, легко деформируе-мый наполнитель (кварцевый песок). Наполнитель 9 за-сыпают в трубу, а ее концы закрывают пробками 10. Внутренний объем трубы при этом остается постоянным (рис. 5.3, в).

На сборочно-монтажный этап сборочные единицы трубопроводов поступают в подготовленном виде, т. е. с



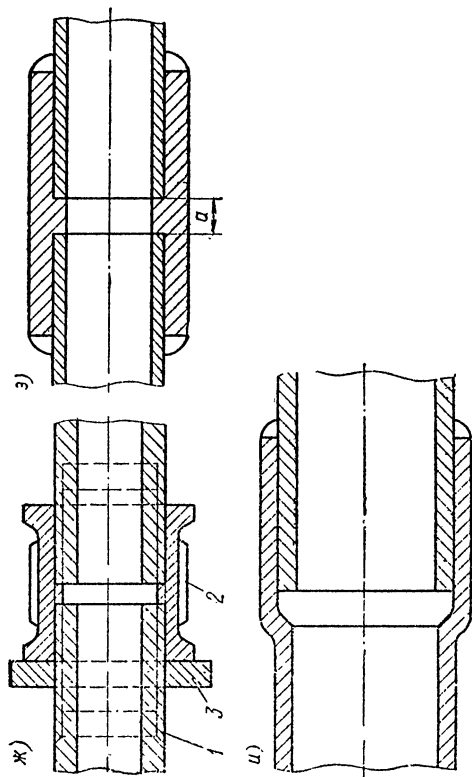


Рис. 5.2. Виды соединений труб и трубопроводов: а — сваркой; б — резьбой; в — развальцовкой; г — отбортовкой; д — фланцами; е, ж — фитингами; з — сваркой; и — развальцовкой и сваркой, т, е. — раструбное

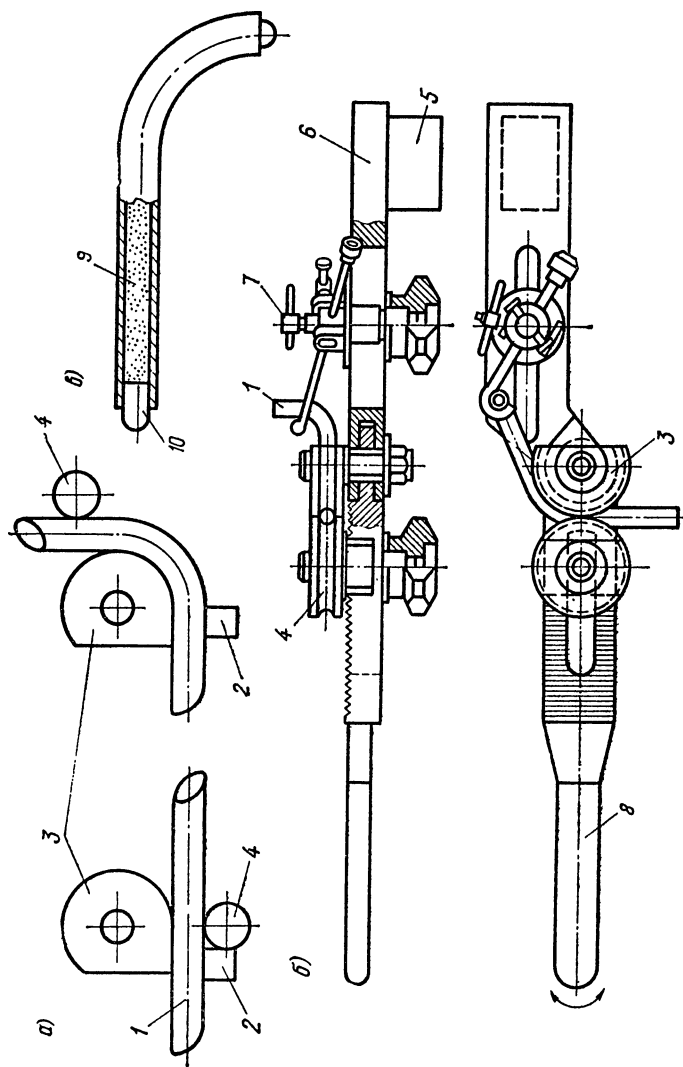


Рис. 5.3 Гибка труб: а — схема гибки; б — приспособление для гибки вручную; в — гибка труб с наполнителем



соответствующей длиной и нарезанной на концах резьбой. Фитинги, краны, вентили и другая арматура также должны быть окончательно обработаны и проверены.

При сборке необходимо добиваться соосности соединяемых трубопроводов, а также параллельности торцов и соединяемых фланцев. Несоблюдение указанных условий является причиной возникновения в трубопроводе дополнительных нагрузок, которые могут вывести его из строя.

Трубопроводная арматура предназначена для включения, отключения и регулирования потока жидкости или газа. По своему назначению арматура подразделяется на следующие группы:

1. Запорная — краны, вентили, задвижки и т. д., предназначенные для отключения или включения потока жидкости или газа.

2. Предохранительная — всевозможные клапаны, предохраняющие трубопроводы и резервуары от повышения давления.

3. Регулирующая — механизмы регулирования давления и расхода подаваемой жидкости или газа.

4. Указатели уровня жидкости и давления — различные водомерные трубки, маслоуказатели и т. д. Краны и вентили изготавливают литыми из чугуна, бронзы и алюминиевых сплавов.

По сравнению с кранами вентили проще в изготовлении и ремонте, так как у них притираются узкие кольцевые поверхности, а не широкие конические. Для открывания и закрывания вентиля требуется небольшое усилие. Отсутствие у вентилях трущихся поверхностей повышает их долговечность.

*Сборка трубопроводов на фитингах.* Стальные трубы с нарезанной на концах резьбой соединяются между собой фасонными соединительными элементами — фитингами, которые изготавливаются из стали или ковкого чугуна. Применение фитингов при сборке позволяет соединять трубы под разными углами, предусматривать ответвления, переходы с одного диаметра на другой и т. д. Прочность и герметичность соединений трубопроводов с помощью фитингов обеспечивается надежной затяжкой, при которой свинчиваемые детали плотно прижимаются друг к другу. Для более надежной герметизации резьбу соединяемых труб покрывают свинцовым суриком или белилами, а также применяют льняную или пеньковую подмотку с суриковой замазкой.

С прямой магистралью трубопровод соединяется при помощи соединительных муфт, наружная поверхность которых имеет ребра под ключ для их завинчивания. Трубы могут иметь длинную или короткую резьбу. При соединении труб с короткой резьбой на их концах нарезается резьба длиной меньше половины муфты на 2...3 витка. Уплотнение создается заклиниванием муфты на сбеге резьбы. Этот способ применяют, как правило, для неразъемных соединений.

Соединения на сгоне или соединения с длинной резьбой используют для трубопроводов, которые в процессе эксплуатации необходимо разбирать. В этом случае одна из труб имеет короткую резьбу, а другая — длинную. Участок трубы с длинной резьбой и называется сгоном. Длина сгона должна быть такой, чтобы на нем поместилась муфта и контргайка и еще оставалось не менее двух витков резьбы.

При соединении труб на сгоне контргайку и муфту навинчивают на длинный участок резьбы без уплотнения и промазки. Резьбу у второй трубы обматывают льняной или пеньковой прядью и промазывают суриком или белилами. После этого муфту свинчивают (сгоняют) с длинной резьбы на короткую до упора в сбеги резьбы. Затем торец муфты со стороны длинной части резьбы уплотняют льняной или пеньковой прядью, скрученной в жгутик и пропитанной суриком или белилами. Жгутик кольцом наворачивают на трубу у края муфты и контргайкой сильно прижимают к ней. Если между муфтой и контргайкой нет перекоса и их торцы плотно прилегают друг к другу, то соединение будет достаточно герметичным. Соединение на сгон можно выполнять только при цилиндрической резьбе.

С помощью фитингов монтируют водяные, паровые и другие трубопроводы с давлением до 16 МПа (160 кг/см<sup>2</sup>). Свинчивание труб и затяжка соединений производятся трубными ключами (рис. 5.4).

*Сборка труб на фланцах.* Фланцы крепятся к трубам сваркой, на резьбе, развальцовкой или отбортовкой. При сборке труб на фланцах необходимо обеспечить соосность трубопроводов и параллельность торцов фланцев.

В процессе сборки между фланцами устанавливают прокладки, а соединения фланцев крепят болтами или шпильками. Прокладку из уплотняющего материала, вырезанную по форме фланца, промазывают с обеих сторон олифой, белилами, канифольным клеем, зеленым

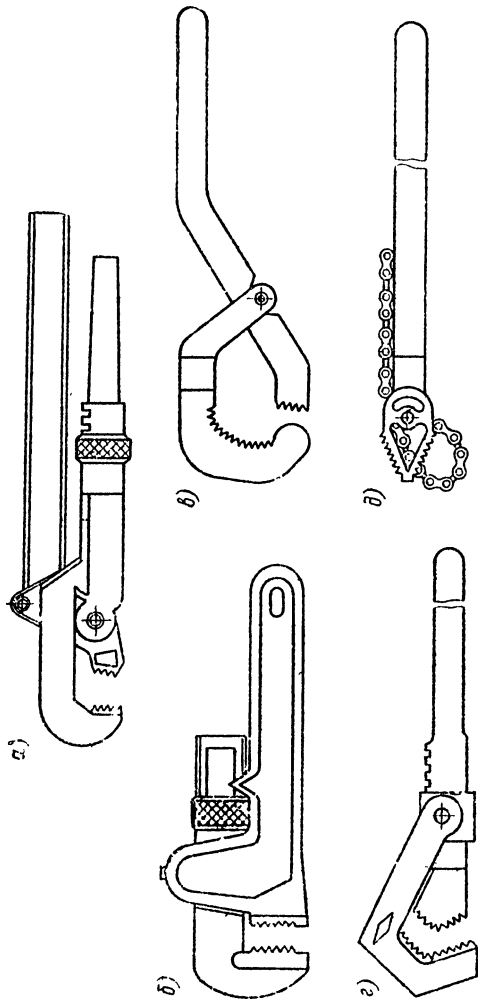


Рис. 5.4. Ключи для сборки трубопроводов: а — рычажный; б — разводной, в — специальный; г — накладной; д — цепной

мылом и надевают на шпильки (болты) соединения. На шпильки насаживают фланец и затягивают его гайками крест-накрест. При этом щупом контролируют перекокс.

В различных конструкциях трубопроводов широко применяются плоские уплотняющие прокладки. В зависимости от назначения они делятся на мягкие эластичные из однородного материала (картон, бумага, войлок, асбест, резина, паронит, свинец), мягкие эластичные комбинированные (металлические с асбестовой сердцевиной; асбестово-прорезиненные), пасты и мастики. От материала прокладки и ее толщины зависит надежность соединения.

Прокладки из картона и резины применяют для уплотнения стыков водяных трубопроводов; прокладки из фибры и бумаги, пропитанных керосином или нефтью,— для топливо- и маслопроводов; прокладки из асбеста в виде картона, шнура и нитей — для парогазопроводов; прокладки из свинца — для трубопроводов и сосудов с кислотами.

*Сборка виниловых и полиэтиленовых трубопроводов.* Виниловые трубы соединяют с помощью раструбов, сварными или резьбовыми муфтами, а также фланцами, укрепленными сваркой или отбортовкой.

Раструбные соединения могут быть неподвижными (сварными, клееными) или подвижными (уплотненными резиновыми кольцами). Подвижные раструбные соединения используются для компенсации температурных изменений длины трубопровода. Промышленность выпускает раструбные соединительные части для виниловых труб диаметром от 8 до 150 мм. Соединение труб сваркой встык не получило широкого распространения, так как прочность сварного шва для винилпласта составляет 65—85% прочности основного материала.

Изготовление раструбов и отгибание бортов осуществляется с предварительным нагревом конца трубы. Нагрев производится в ванне, заполненной глицерином или минеральным маслом при температуре 423...443 К (150...170 °С). После нагрева трубу зажимают в тисках и в ее разогретый конец вводят стальную оправку соответствующего диаметра и формы, подогретую до температуры 373...393 К (100...120 °С). Образовавшийся раструб охлаждают, поливая водой, после чего оправку извлекают. Длина раструбов зависит от диаметра трубы. Так, для труб диаметром 10 мм она составляет 23 мм, а для труб диаметром 22 мм — 28 мм.

Полиэтиленовые трубы соединяются с помощью рас-

трубов, муфт, металлических накидных или резьбовых гаек и сваркой. Прочность сварных стыковых швов здесь на 10% ниже прочности основного материала. С повышением температуры нагрева трубы прочность швов снижается и при температуре 353 К (80 °С) составляет 20% прочности основного материала. Резку полиэтиленовых труб рекомендуется производить дисковыми пилами при окружной скорости резания 2000—2500 м/мин.

*Склеивание винилпластовых и полиэтиленовых труб.*

Для склеивания винилпластовых трубопроводов используют 20%-ный раствор перхлорвиниловой смолы в ацетоне или дихлорэтана. Полиэтиленовые трубы склеивают после их обработки хромовой кислотой в течение 1...2 мин при температуре 350...383 К (75...100 °С). Эта обработка позволяет изменить полярность поверхности полиэтилена, в результате чего он приобретает способность склеиваться обычными клеями (полиуретановым, фенолокаучуковым и др.).

Поверхности, подлежащие склеиванию, тщательно зачищают абразивной шкуркой, протирают тампоном, смоченным метиленхлоридом, после чего покрывают слоем клея и соединяют. Склеенные соединения просушивают около 24 ч.

Для антикоррозионной защиты деталей, соприкасающихся с полиэтиленом, нельзя применять масляные краски и битумные лаки.

## **5.2. Сборка гидронасосов и моторов низкого и высокого давления**

Гидравлический привод состоит из двух основных частей: насоса, подающего рабочую жидкость в систему, и гидродвигателя (цилиндра или гидромотора), сообщаящего рабочему органу определенное движение. Работу насоса и гидродвигателя обеспечивают трубопроводы, аппаратура контроля давления и расхода рабочей жидкости, управляющие (золотники, дроссели) и вспомогательные (ресиверы, фильтры, отстойники) устройства.

Рабочей жидкостью для гидравлических систем служат очищенные минеральные масла: индустриальное 12 (веретенное 2), индустриальное 20 (веретенное 3), индустриальное 30 (машинное 1).

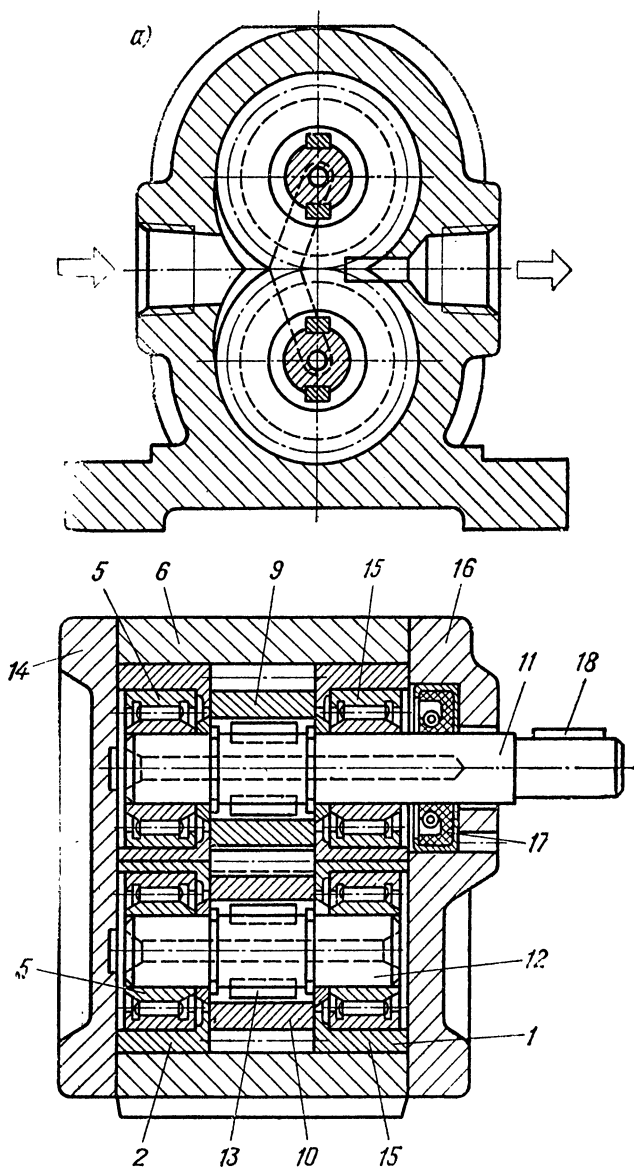
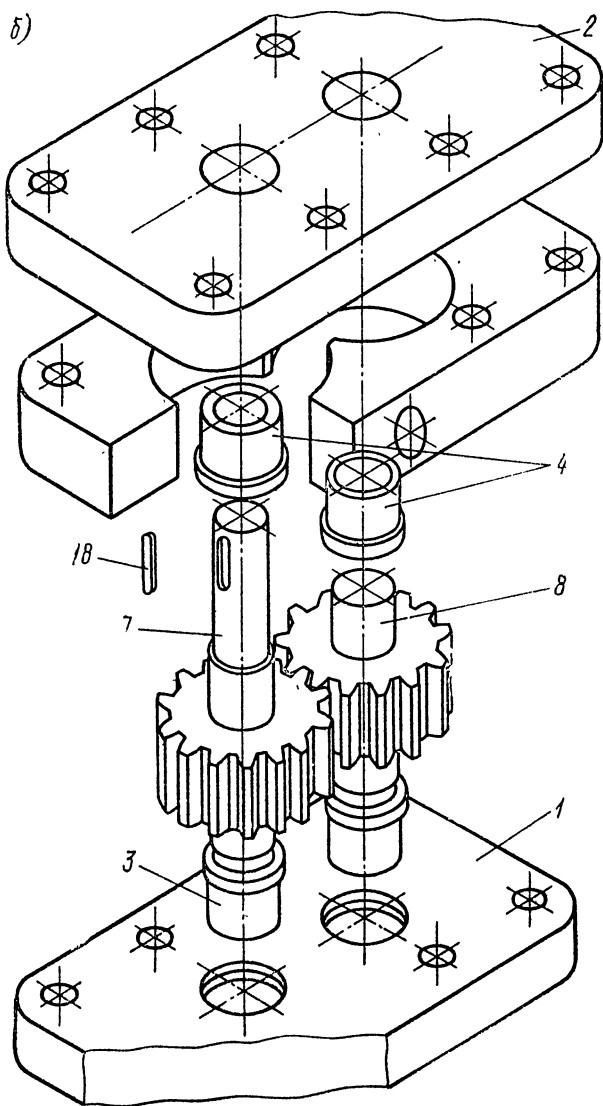


Рис. 5.5. Сборка шестеренчатого насоса: а — устройство



насоса; б — схема сборки

Гидравлические системы бывают с открытым и закрытым потоком циркулирующей рабочей жидкости. При открытом потоке рабочая жидкость из гидромотора (гидроцилиндра) вытесняется в бак, откуда насосом закачивается в гидросистему. При закрытом потоке жидкость непрерывно циркулирует по замкнутой системе, бак в этом случае служит лишь для ее подпитки (компенсации утечек). Гидросистема с открытым потоком конструктивно проще и не требует устройств для охлаждения масла.

В гидравлических системах подача рабочей жидкости к гидродвигателю осуществляется шестеренчатыми, лопастными, плунжерными и другими насосами.

*Общие требования к сборке насосов.* Технологический процесс сборки насосов определяется их конструкцией. Подготовленные детали промывают в керосине или бензине, обдувают воздухом (просушивают) и смазывают. В серийном производстве применяют селективную сборку насосов по фактическим размерам деталей, что позволяет сократить количество пригоночных работ. Фактически размеры деталей указываются в паспортах обмера, и это дает возможность производить сборку с заданными параметрами. Характерной ее особенностью является обеспечение оптимальных зазоров, которые гарантируют нормальную работу насосов.

Особое внимание следует уделять сборке подшипников качения, на которых монтируются валы шестерен, роторы поршневых и лопастных насосов.

*Сборка шестеренчатых насосов.* Шестеренчатые насосы по конструкции являются наиболее простыми. Сборку насосов шестеренчатого типа начинают с подбора зубчатых колес. От точности зубчатого зацепления зависит работоспособность насоса, так как при погрешностях в зацеплении объем впадин одного зубчатого колеса не полностью заполняется зубом другого зубчатого колеса и жидкость частично возвращается во всасывающую полость. Поэтому зазоры в сопряжении колес должны быть минимальными, они определяются точностью зубчатого зацепления.

Подобрав зубчатые колеса, приступают к сборке насоса. Ее начинают с запрессовки во вкладыши 1 и 2 втулок подшипников 3 и 4 (или роликовых подшипников 5) (рис. 5.5). Вкладыш 1 вводят в корпус 6, а внутреннюю поверхность втулок 3 и 4 покрывают солидолом. Установив монтажную втулку, собирают игольчатые подшипники. Затем устанавливают вал шестеренок 7 и 8. Если



зубчатые колеса 9 и 10 изготовлены отдельно от валков, то предварительно их собирают с валиком 11 и 12 на шпонках 13. С наружной стороны корпуса помещают

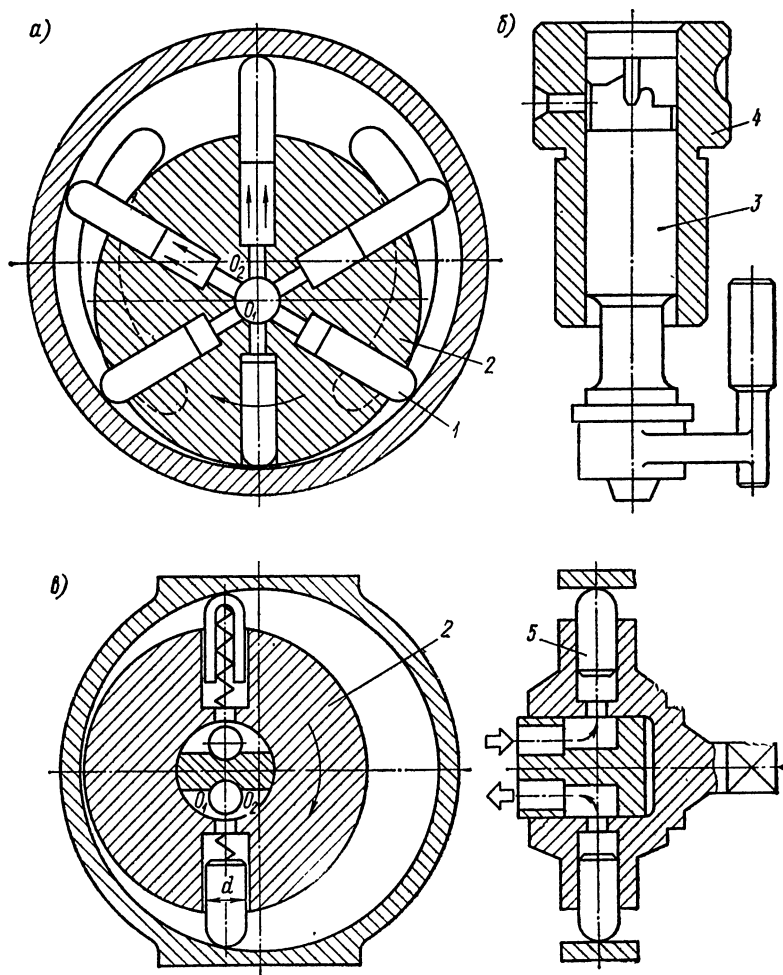


Рис. 5.6. Типы насосов: а — пластинчатый; б — плунжерный (узел); в — радиально-поршневой

бумажную прокладку и на винтах устанавливают крышку 14.

После сборки игольчатого подшипника во вкладыше 2 (или запрессовки подшипников 15) его размещают в корпусе. Одновременно устанавливают подшипники на

валики 11 и 12. В крышку 16 вставляют уплотняющий манжет 17 и винтами крепят его к корпусу. После этого в паз ведущего вала 11 вводят шпонку 18.

Крепежные винты затягивают равномерно, чтобы не допустить перекоса и защемления зубчатых колес. В правильно собранном насосе зубчатые колеса вращаются легко и плавно. Предохранительный клапан настраивают на давление, не превышающее рабочее более чем на 20%.

*Сборка лопастных насосов* (рис. 5.6, а) заключается в установке лопаток 1 в пазах ротора 2. Посадку лопаток осуществляют с зазором 0,02...0,03 мм, который обеспечивается подбором или притиркой их с пастой на плите. Лопатки не должны выступать над ротором: допускается незначительное (0,01...0,02 мм) утапливание их в роторе. При установке лопатки ее заостренная часть должна быть направлена в сторону вращения ротора. В собранном насосе ротор вращается свободно.

Плунжерные насосы создают в момент ввода топлива в цилиндр давления свыше 40 МПа (400 кг/см<sup>2</sup>). Для получения таких давлений плунжер 3 и втулку 4 насоса (рис. 5.6, б) изготавливают с очень жесткими допусками (0,015...0,02 мм). Поэтому при сборке пары подбирают таким образом, чтобы зазор в их сочленении составлял 1...3 мкм. Плунжер и отверстие втулки должны быть прямолинейны с минимальной овальностью и конусностью (точность геометрической формы 1...2 мкм при диаметре плунжера 8...8,5 мм). Шероховатость поверхностей плунжера и отверстия  $R_a=0,063...0,04$  мкм.

Точность сборки прецизионных пар достигается либо селективной сборкой из деталей, рассортированных на размерные группы, либо совместной притиркой плунжера и втулки. Плунжеры и втулки до подбора в пары предварительно сортируют на 30...40 групп. Допуск в размерной группе составляет 0,6...1 мкм. Он должен учитывать не только допуск на изготовление плунжера и втулки, но и на геометрическую форму деталей.

При сортировке деталей большое значение имеет процесс их измерения, так как определить зазор между втулкой и плунжером в собранном виде невозможно. Поэтому окончательно обработанные детали обмеряют по нескольким поясам с точностью до 0,001 мм. Такая точность требует соблюдения некоторых условий сборки: постоянной температуры  $293 \pm 1\text{K}$  ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ), высокой точности контрольных приборов, регулярного контроля их.

Сборку плунжерной пары насоса начинают с подбора плунжера и втулки. В их сопряжении не должно быть даже малейшего заедания. При подборе пар плунжер и втулку раздвигают, закрыв в ней отверстие пальцами. Если зазоры малы, то будет ощутимо сильное сопротивление раздвижению, и плунжер при опускании самопроизвольно втянется во втулку. Сравнивая несколько раз результаты такой проверки с эталонной парой, условно можно судить о степени герметичности плунжерной пары.

Окончательно собранную пару проверяют опрессовкой, которая пока является единственным критерием оценки сопряжения.

*Сборка поршневых насосов*, как и сборка плунжерных, в основном сводится к обеспечению требуемой точности сопряжения поршня 5 и отверстия в роторе 2 (рис. 5.6, а). Тщательно притертые к отверстию (цилиндру) поршни должны входить в него плотно, без качки. Овальность и конусообразность поршней не должна превышать 0,005 мм, а отверстий (цилиндров) — 0,01 мм.

Заключительным этапом сборки всех насосов является установка сальников и уплотнений. Собранные насосы поступают на испытательный стенд, где их производительность проверяют при различных давлениях.

*Сборка гидро- и пневмоцилиндров.* Процесс сборки гидроцилиндров (рис. 5.7, а), используемых в металло-режущих станках, механизмах подъема, закрепления и т. д. для обеспечения поступательного движения, аналогичен технологии сборки гидродвигателей других типов.

Технологический процесс сборки гидро- и пневмоцилиндров включает закрепление поршней на штоке, монтаж уплотнений, сборку цилиндров, установку в них поршневой группы и сборку сальников. Порядок сборки определяется конструкцией этих устройств.

При сборке поршневой группы гидро- и пневмоцилиндров поршень 1, базирующийся на цилиндрической шейке штока 2 (рис. 5.7, б), устанавливают с натягом. Между поршнем и буртом штока помещают медное кольцо 3, исключаящее его приваривание к штоку. Перед установкой поршня на конусную шейку штока (рис. 5.7, в) поверхности сопряжения притирают, с тем чтобы площадь контакта составляла не менее 75% поверхности конуса. Гайка 4 в этом случае затягивается с определенным усилием.

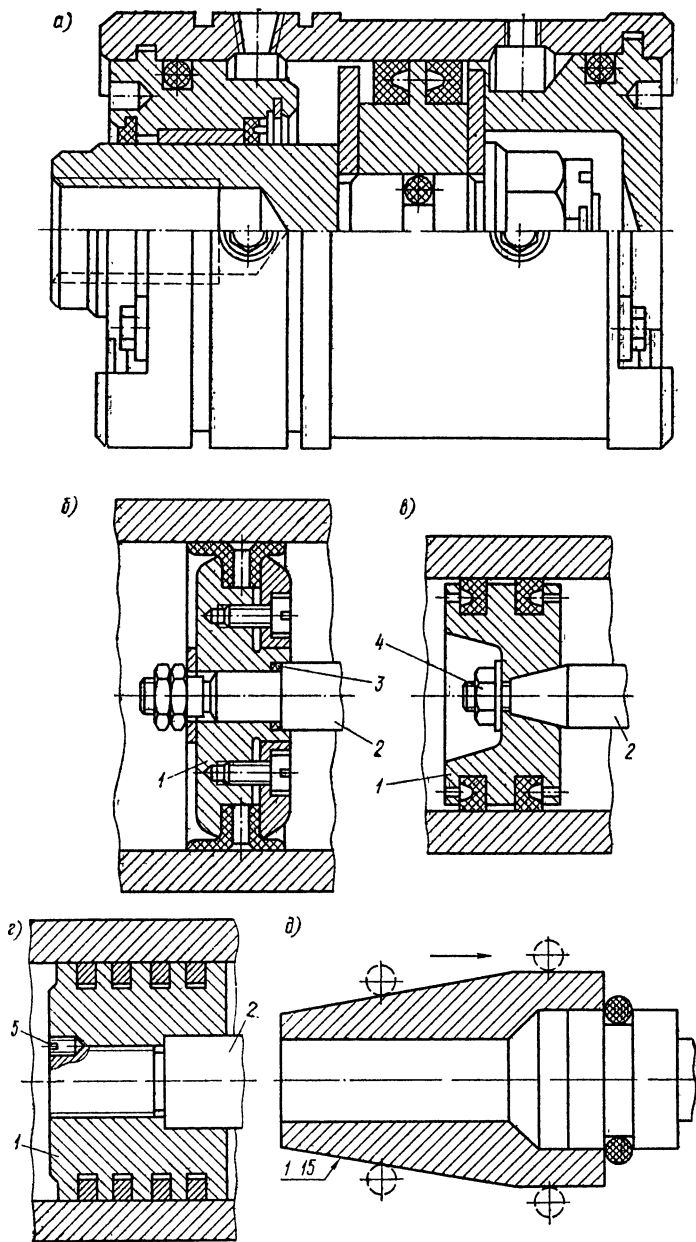


Рис. 5.7. Общий вид гидроцилиндра и способы установки поршней

Герметичность в сопряжении поршня со штоком обеспечивается шайбой из мягкого металла или резиновыми кольцами.

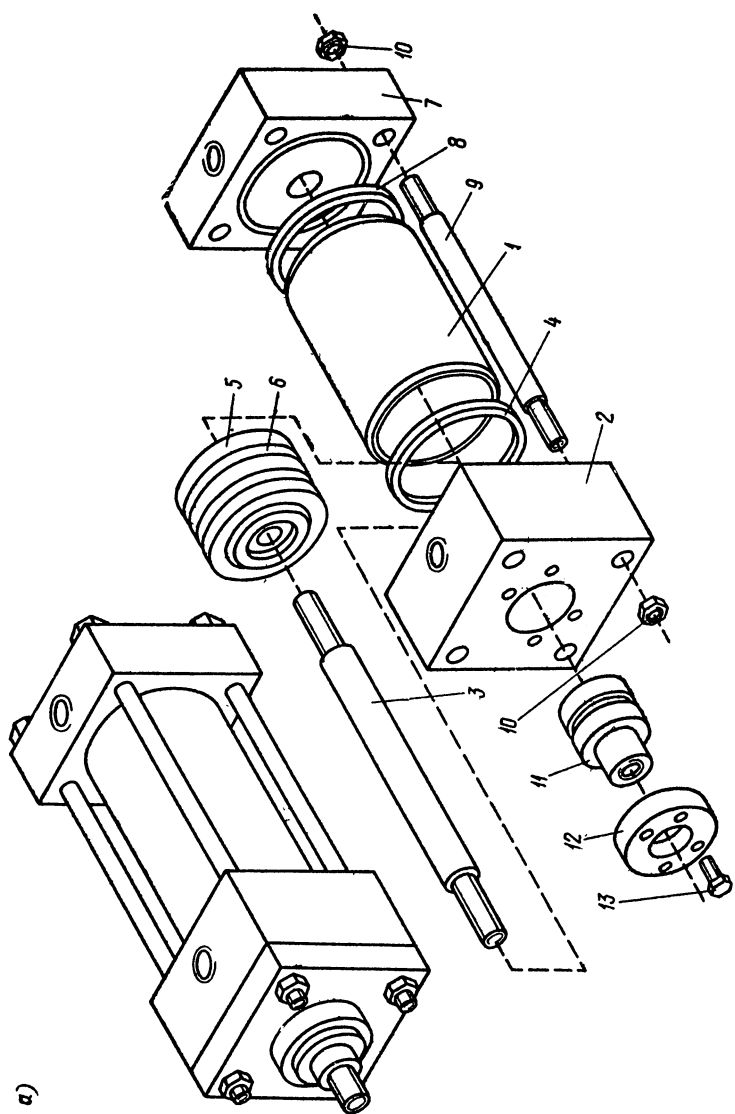
Поршень на штоке (рис. 5.7, *з*) крепится свободным навинчиванием, но без качки. Отверстие под стопор 5 сверлят и после установки поршня в нем нарезают резьбу. Собранный шток проверяют на биение: допустимое радиальное биение 0,015...0,02 мм на 100 мм диаметра поршня. Уплотняющие манжеты на поршне закрепляют соответствующими накладками. При установке манжет и колец на цельный поршень (рис. 5.7, *в, з*) применяют специальные монтажные оправки (рис. 5.7, *д*).

Сборка гидроцилиндров (рис. 5.8) включает пригонку крышек, проверку резьбы, установку прокладок и затяжку гаек или винтов (болтов).

Если у цилиндра обе крышки выполнены съемными (рис. 5.8, *а*), то корпус цилиндра 1 и крышку 2 с отверстием под шток 3 соединяют временными болтами, установив предварительно между ними уплотнительное кольцо 4. Закрепив поршень 5 на штоке 3, на него с помощью монтажной оправки надевают уплотнения 6. После этого поршень со штоком вводят в цилиндр. Для сохранения уплотнений от повреждений применяются монтажные гильзы. Установив вторую крышку 7 с прокладкой 8, временные болты снимают, устанавливают шпильки 9 и затягивают крест-накрест равномерно гайки 10. При правильной затяжке гайк поршень со штоком должен свободно без заеданий перемещаться по отверстию. Затем устанавливают уплотнение 11 и крышку 12 крепят болтами 13. В качестве уплотнителей между штоком и крышкой цилиндра используют сальники (рис. 5.8, *б, в*) либо резиновые или хлорвиниловые кольца (рис. 5.8, *г*).

При монтаже гидро- и пневмоцилиндров с кронштейном или стойкой машины необходимо следить за тем, чтобы ось штока совпадала с осью цилиндра и была параллельна направлению движения рабочего органа машины. При эксплуатации цилиндра несоблюдение этих требований вызовет искривление оси штока, защемление штока в отверстии, неравномерное движение штока, появление задиров на его поверхности, преждевременный износ уплотнений и утечку масла (воздуха), увеличение сил трения и соответственно снижение КПД цилиндра.

В случае обнаружения утечки масла (воздуха) через уплотнения штока и буксы уплотнений необходимо



a)

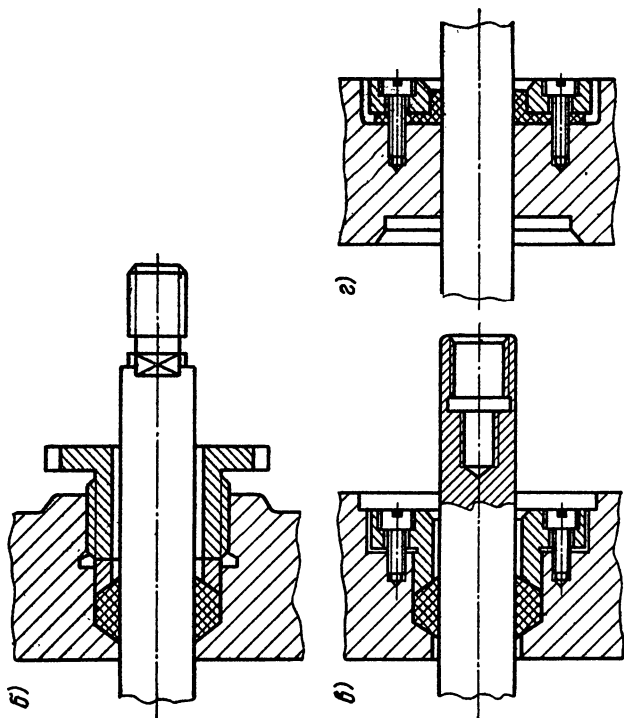


Рис. 5.8. Сборка гидроцилиндра и способы уплотнения штока

подтянуть. Нарушение равномерного движения штока возможно вследствие попадания воздуха в гидроцилиндр. Для удаления воздуха из цилиндров в их конструкциях должны быть предусмотрены воздухо-спускные краны. В противном случае следует совершить два-три полных движения поршня из одного крайнего положения в другое на холостом ходу.

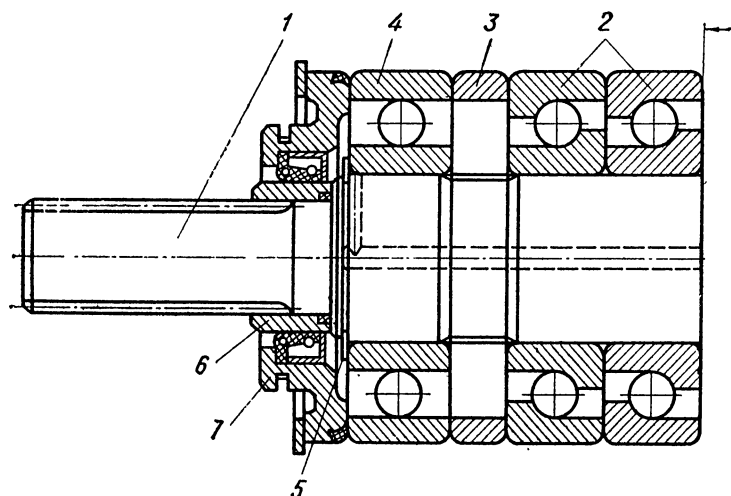


Рис. 5.9. Сборка качающейся части

*Сборка гидромоторов.* Гидропривод для создания вращательного движения представляет собой комбинацию двух насосов, из которых один является собственно насосом, а второй — гидродвигателем.

Комплектуемые узлы и детали для гидромотора перед сборкой должны быть расконсервированы, промыты и смазаны рабочей жидкостью. Доработка деталей по месту, кроме случаев, оговоренных в чертежах, а также подгонка по месту и изгиб труб, соединяющих гидроагрегаты, запрещается. Допускается подгонка снятого с машины трубопровода методом холодной гибки без нарушения профиля поперечного сечения.

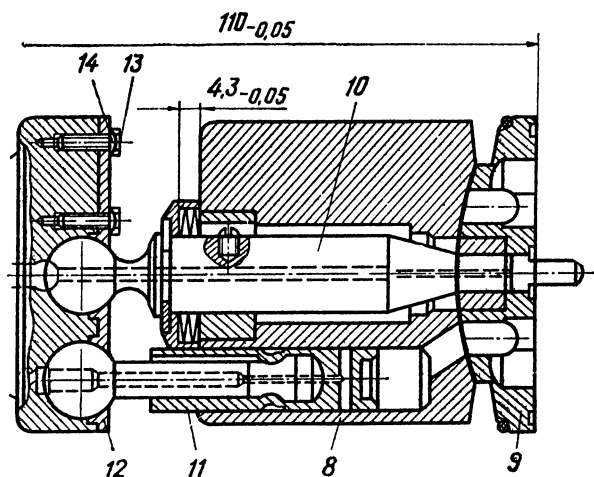
При установке манжетных уплотнений трущиеся части деталей покрывают тонким слоем консистентной смазки. Детали, работающие как золотниковые пары, должны перемещаться плавно, без заеданий.

При сборке гидроприводов применяют следующие методы:



1. Метод полной взаимозаменяемости — для сборки подавляющего числа деталей поршневой группы гидромашин, систем вал-ротор пластинчатых насосов, а также для фильтров, арматуры, баков и корпусов.

2. Метод селективной сборки — для сборки систем блок-цилиндр-распределитель аксиально-поршневых гидромашин, золотник-корпус, фланец-статор-пластина-



аксиально-поршневого мотора

ротор пластинчатых гидромашин и т. д. При этом детали поступают на сборку предварительно отсортированными и с клеймом номера группы, предусмотренной технической документацией.

3. Метод компенсатора — главным образом для установки подшипниковых узлов, выдерживания осевых размеров при сборке лопастных систем гидротрансформаторов и т. д. Сборка производится за счет изменения размера детали, в результате чего обеспечивается требуемая точность размерной цепи.

4. Метод подвижного компенсатора — для сборки механизма регулировки подшипников, пружинных механизмов предохранительных клапанов, автоматов мощности и т. д.

*Сборка аксиально-поршневых гидромоторов.* При сборке этих гидромоторов обеспечивается: поворот шатуна в поршне под действием собственной массы (при этом допускается предварительная приработка деталей

без применения абразива с последующей промывкой каналов), поворот узла поршня с шатуном, поворот центрального шипа в валу под действием собственной массы.

Сборка включает следующие операции:

сборка вала с подшипниками;

сборка блока цилиндров распределителя с центральным шипом;

сборка вала с шатунами и центральным шипом;

подборка пакета тарельчатых пружин;

сборка передней крышки с уплотнением;

сборка качающего узла с корпусом.

Сборку качающего узла (рис. 5.9) начинают с размещения на валу 1 двух радиально-упорных подшипников 2, дистанционного кольца 3 и радиального подшипника 4. Затем устанавливают стопорное кольцо 5, надевают предохранительную втулку 6 и вставляют крышку 7 с манжетным уплотнением. Наконец, собирают блок цилиндров 8 и распределителя 9 с центральным шипом 10.

Сборка вала с шатуном 11 и центральным шипом производится в следующей последовательности: поршень с шатунами, центральный шип и прижимную пластину 12 накладывают на сферические гнезда вала 1. Прижимную пластину крепят винтами 13, которые стопорят с помощью шайб 14. Собранный качающийся узел монтируется в корпусе гидромотора.

### **5.3. Сборка контрольно-регулирующей аппаратуры**

К контрольно-регулирующей и управляющей аппаратуре гидравлических систем относятся клапаны, дроссели, регуляторы скорости, золотники, реле давления и т. д.

Клапаны управляют направлением потока, а золотник его распределяет. Клапаны и золотники конструктивно могут быть выполнены почти одинаково, но функциональное назначение их в гидросистеме различно (рис. 5.10).

Клапаны делятся на семь групп: предохранительные, давления, комбинированные, направления потока, редукционные, дозирующие и блокировочные.

Дроссели применяются в гидросистемах для регулирования скорости перемещения рабочих органов посред-

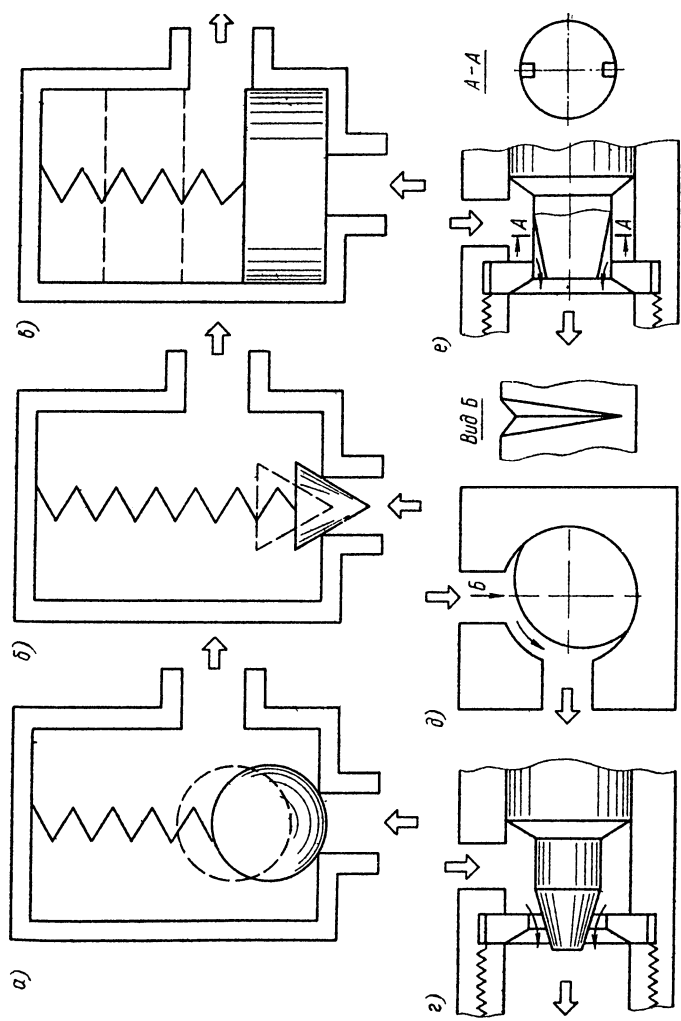


Рис. 5.10. Схемы предохранительных клапанов и дресселей: а — шариковый; б — конусный; в — поршневой; г — игольчатый; д — щелевой; е — плунжерный

ством изменения количества протекающей через отверстие жидкости.

Кран — поворотный механизм, в гидросистемах служит для пуска и останова течения жидкости. В частном случае кран можно рассматривать как грубую разновидность дросселя.

Сборка регулирующей и управляющей аппаратуры гидросистемы представляет собой важную технологическую задачу. Золотник изготавливают с высокой степенью точности, выдерживая осевые и диаметральные размеры с жесткими допусками. Величина зазора между золотником (дросселем, клапаном) и отверстием в корпусе имеет существенное значение для надежной работы распределительных устройств. Выдержать зазор в пределах узкого допуска по всей длине сложно, потому что внутри корпусов находятся окна, через которые распределяется рабочая жидкость. Размеры самих окон и расстояние между ними должны быть очень точными. В противном случае меняется так называемая расходная характеристика распределяющих устройств. Это значит, что с увеличением сечения окон соответственно изменяется и расход, и работа распределительного устройства становится неустойчивой.

Детали распределительных устройств поступают на сборку окончательно обработанными. Окна корпусов не должны иметь закруглений, так как это может привести к изменению расходной характеристики. Поэтому в некоторых случаях отказываются от обычного замера контролируемых размеров, а применяют гидравлическое измерение, т. е. определяют точность изготовления количеством рабочей жидкости, которое прошло через окна и зазоры.

Для повышения точности изготовления и сборки распределительные устройства делают секционными. Каждая секция изготавливается отдельно, а потом они собираются в одном корпусе. При сборке таких корпусов возникают трудности, связанные с креплением секций в корпусе.

При сборке распределительных устройств должны выполняться следующие технические требования: соосность поясков золотников и клапанов — до 0,01 мм; конусность и овальность — в пределах 0,005...0,01 мм; перпендикулярность торцов — до 0,01 мм; зазор между отверстием корпуса и золотником — в пределах 0,015...0,05 мм.

Необходимая точность сборки распределительных и

контролирующих устройств (прецизионных пар) достигается либо селективной сборкой из деталей, рассортированных на размерные группы, либо дополнительной совместной притиркой. От качества изготовления и сборки прецизионных пар (плунжер-штуцер) зависит безотказность и надежность работы таких устройств.

*Сборка напорного золотника* (рис. 5.11) начинается с подбора сборочной единицы корпус-золотник. На корпус 1 устанавливают притычную плиту 2 и крепят ее винтами 3. Золотник 4 вводят в корпус 1 с прокладкой 5 и закрепляют нижнюю крышку 6 винтами 7. Затем устанавливают управляющий плунжер 8. Сборку верхней части золотника начинают с установки в корпус пружины 9 уплотнительного кольца 10. Опорную шайбу 11 помещают в верхней крышке 12, и крепят к корпусу винтами 13. После этого ввинчивается регулировочный винт 14 с контргайкой 15. При сборке клапана особое внимание обращают на плотность прилегания клапана к седлу.

После сборки напорный золотник поступает на гидравлические испытания, которые проводятся при давлении 6 МПа (60 кг/см<sup>2</sup>) и температуре 323 К (50 °С). Утечки в золотниках при испытаниях допускаются в пределах 10 мм<sup>3</sup>/мин.

*Монтаж аппаратуры управления.* Монтаж регулирующей и управляющей аппаратуры осуществляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к аппаратуре гидравлической системы.

Клапаны монтируют в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении. С целью предотвращения подсоса воздуха через сливную трубку при сборке трубопровода необходимо обеспечить плотность сопряжения трубки и корпуса.

Дроссели монтируются при помощи винтов в горизонтальном или вертикальном положении. Расход масла, проходящего через дроссель, зависит от положения лимба. Поэтому при сборке дросселя необходимо следить за тем, как изменяется расход масла при вращении лимба. Если он не уменьшается, то это значит, что клапан в корпусе не перемещается или перекосилась пружина.

Реле давления вводится в систему посредством концевое соединения, монтируемого в отверстие с конической резьбой. Настройку реле на нужное давление осуществляют вращением регулировочного винта с последующим его стопорением.

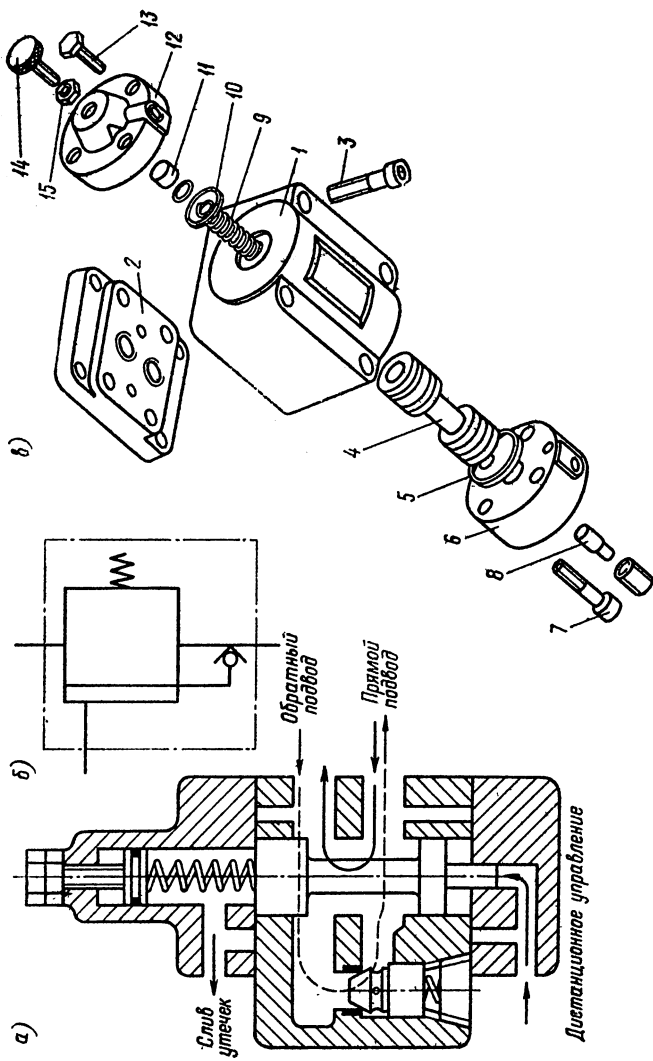


Рис. 5.11. Сборка напорного золотника: а — схема золотника; б — условное обозначение; в — последовательность сборки

Монтаж золотников ведут обычно в горизонтальном положении, что исключает самопроизвольное их перемещение при падении давления. Скорость переключения золотника зависит от положения дросселей. Поэтому после установки золотника его регулируют посредством вращения дросселей. Если отрегулировать время переключения золотника нельзя, то причиной этого может быть неплотное прилегание шарика к седлу, утечка масла в стенках или ненормальная работа прижимной пружины шарика.

Краны управления монтируются в любом положении и закрепляются обычно винтами на корпусе.

#### **5.4. Методы проверки и испытания гидравлических и пневматических систем и приводов**

Собранные гидравлические и пневматические системы и приводы подвергаются различного рода проверкам и испытаниям. Гидравлические и пневматические системы, испытываемые в процессе эксплуатации воздействию разных давлений, проходят проверку на герметичность и прочность. Гидравлические приводы контролируют на соответствие технических характеристик собранного привода указанным в сборочном чертеже.

*Методы контроля собранных трубопроводов.* Собранные и смонтированные трубопроводы подвергаются визуальному контролю и гидростатическому испытанию на герметичность и прочность.

Визуальный контроль с целью обнаружения механических повреждений и целостности антикоррозионных покрытий проходят трубопроводы, арматура и узлы крепления. При проверке шлангов выявляются повреждения и скручивания. Для контроля скручивания на наружную поверхность шлангов с наружной резиновой или хлопчатобумажной оплеткой наносится осевая цветная полоска, а на наконечники шлангов с металлической оплеткой — осевые риски. Скручивание для металлических и фторопластовых рукавов при монтаже не допускается.

Контроль герметичности гидросистемы осуществляется после ее промывки. Герметичность гидросистемы оценивается в зависимости от наличия или отсутствия капель жидкости на контролируемой поверхности или пятен на фильтровальной бумаге, используемой в каче-

стве индикатора. Объем вытекшей жидкости можно определить взвешиванием бумаги до и после контроля.

Герметичность пневматических систем устанавливается омыливанием. Для этого система заполняется сжатым воздухом, а места стыков промазывают мыльной водой. Если в стыке есть утечка, то на его поверхности образуются пузырьки.

Выявленные дефекты устраняются заменой деталей, подтягиванием соединительных элементов, после чего гидравлические испытания повторяются.

Герметичность ответственных систем проверяют френовыми теченскателями, испытанием под давлением смесью гелия с воздухом, фенола с воздухом или воздуха с радиоактивными изотопами.

Способ контроля трубопровода зависит от его назначения и определяется техническими условиями на испытание.

*Испытания гидроцилиндров.* Собранные гидроцилиндры испытывают на стендах (рис. 5.12, а) с целью определения тяговых характеристик и герметичности. При этом оцениваются и другие качественные показатели работы цилиндра: равномерность перемещения поршня, заедание штока или поршня, образование воздушных пробок.

При снятии тяговых характеристик испытываемый цилиндр 1 через динамометр 2 связан с нагрузочным цилиндром 3. По показаниям динамометра судят о тяговой характеристике гидроцилиндра.

При испытании гидроцилиндра на герметичность (рис. 5.12, б) шток поршня испытываемого цилиндра 1 упирается в жесткую опору. Давление в цилиндре поднимается до максимального или пробного 6МПа (60 кг/см<sup>2</sup>). Оценка утечек производится по опытным данным (по количеству жидкости в мензурке 2). Обычно принимают, что утечки не должны превышать 0,1D см<sup>3</sup>/с, где D — диаметр цилиндра в см.

*Испытание гидроприводов.* При испытании гидромоторов обязательному контролю подлежат подача, подводная мощность, объемный и общий КПД, рабочий объем, октавный уровень звукового давления, масса.

Стенды для испытания (рис. 5.12, в) оборудуют системами контрольно-измерительных приборов, обеспечивающими снятие характеристик, а также системами предохранения от перегрузок, фильтрации, стабилиза-



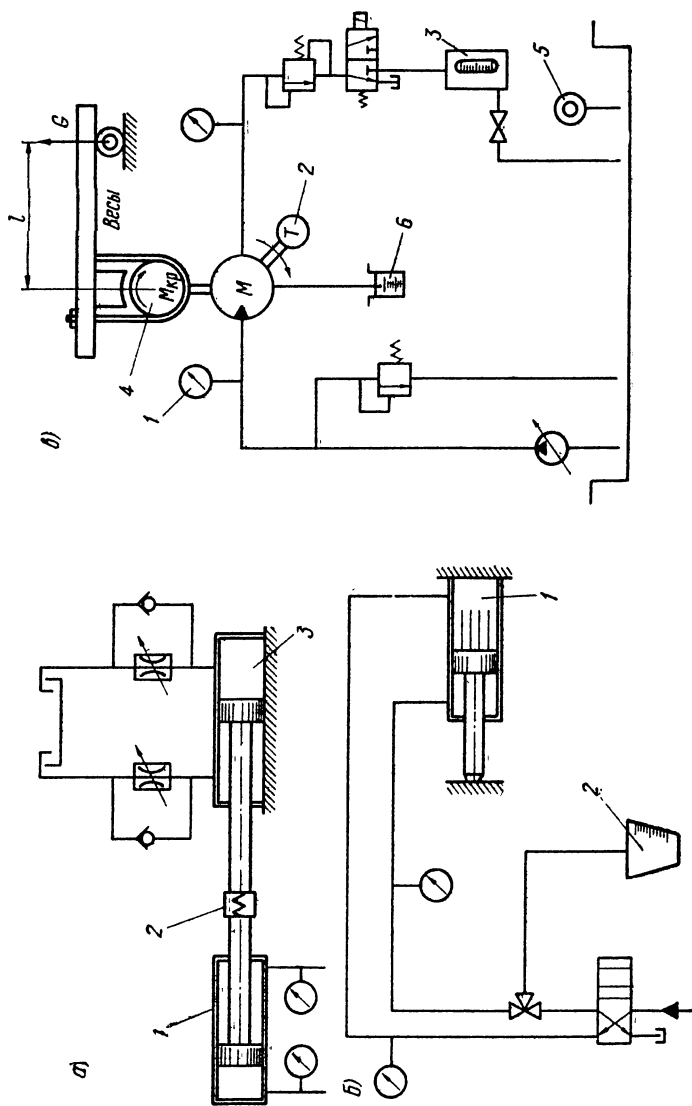


Рис. 5.12. Стенд для испытания гидроцилиндров (а и б) и гидромоторов (в)

ции температуры рабочей жидкости и т. п. При испытании необходимо соблюдение следующих общих требований:

1. Контролируемые параметры измеряют при установившемся тепловом режиме.

2. Отсчеты по всем приборам для каждого измерения проводят одновременно.

3. Постоянный контроль за состоянием рабочей жидкости.

4. В зависимости от вида испытаний отклонение от заданной температуры рабочей жидкости должно составлять  $\pm 274...275$  К ( $\pm 1...2$  °С); отклонение действительных оборотов  $\pm 5\%$ ; за результат измерения параметров принимают среднее арифметическое не менее чем из трех повторных измерений.

Рабочий объем гидромашины находят как отношение объема рабочей жидкости, перекачиваемой при медленном вращении вала (15...20 об/мин) из подпитывающего бака, к частоте вращения вала, при которой был бы перекачан этот объем. Давление определяют по манометрам 1, установленным в линии измерения. Для приемо-сдаточных испытаний применяют манометры класса точности 1,6 (ГОСТ 8625—69), для типовых и периодических — класса точности 0,4 (ГОСТ 6521—60). Погрешность измерения давления не должна превышать  $\pm 1,5\%$  при приемо-сдаточных и  $\pm 0,5\%$  — при типовых и периодических испытаниях. Частоту вращения (число оборотов) измеряют тахометром 2 (Гост 13082—71).

Подачу или расход рабочей жидкости измеряют расходомерами или мерными баками 3. В качестве расходомеров можно использовать объемные гидромоторы, в этом случае они подлежат регистрации как контрольно-измерительные приборы с соблюдением требований по периодической тарировке и паспортизации. Погрешность измерения скорости потока (расхода) составляет  $\pm 1,5\%$ .

Крутящий момент при испытаниях определяют с помощью мотор-весов 4 или крутильных динамометров. Погрешность измерения крутящего момента составляет  $\pm 0,5\%$ .

Октавный уровень звукового давления характеризуется уровнем звука, измеренным в контрольных точках, задаваемых техническими условиями на изделие. Герметичность проверяется при работе гидромашины в те-

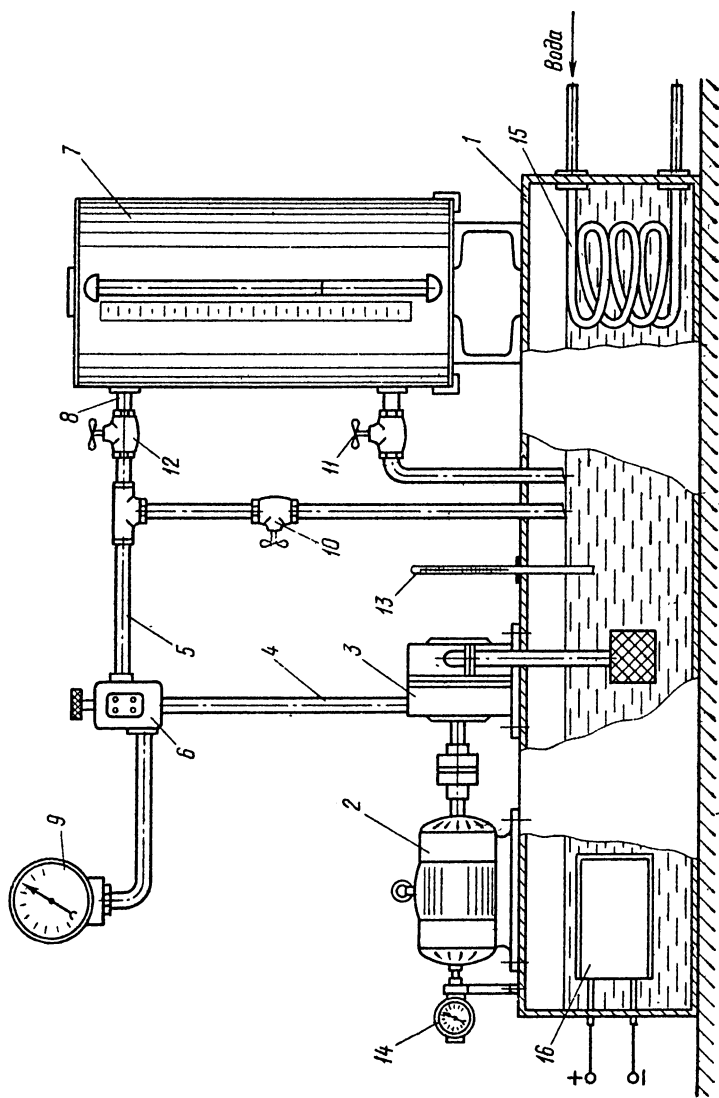


Рис. 5.13. Стенд для испытания насосов

чение 2 мин под давлением  $P=1,25 P_{\max}$  при максимальной температуре. Температуру показывает термометр 5. При этом утечка рабочей жидкости через соединения, стыки, резьбы не допускается. Величину утечек устанавливают с помощью мензурки 6.

Всасывающая характеристика определяется постепенным увеличением сопротивления на входе до критического значения вакуума, когда происходит резкое уменьшение подачи жидкости и ее давления.

*Испытания насосов.* Вновь собранный или отремонтированный насос проходит обкатку и испытания на стенде.

Здесь контролируют производительность, объемный кпд (отношение производительности насоса под определенным давлением к производительности без давления), потребляемую мощность и герметичность уплотнений.

Испытательный стенд имеет бак 1 (рис. 5.13), на котором смонтирован привод 2 (электродвигатель) для испытания насоса 3. Трубопровод 4 от насоса разветвляется на два рукава. По трубопроводу 5 через кран 6 масло отводится в мерный бак 7, а по трубопроводу 8 подводится к манометру 9. Бак 7 представляет собой мерное устройство с мерной трубкой, протарированной по объему. При испытании в него нагнетается масло (при этом краны 10 и 11 закрыты). Давление, создаваемое насосом, контролируют по показаниям манометра 9 (при этом краны 10 и 12 закрыты). Температуру нагрева жидкости контролируют по показаниям термометра 13, а частоту вращения двигателя 2 — по показаниям тахометра 14.

Объемный кпд определяют обычно при давлениях 2, 4, 6 МПа (соответственно 20, 40, 60 кг/см<sup>2</sup>) в пределах максимального диапазона давлений. Обычно испытания проводят при температуре нагрева масла 313 или 323 К (40 или 50 °С). Температуру в баке регулируют с помощью змеевика 15 (охлаждение) или электронагревательного элемента 16 (подогрев).

Различные неисправности в конструкции насосов могут вызывать шум во время его работы, неравномерную подачу рабочей жидкости, снижение давления, утечку жидкостей через уплотнения. Шум при работе насоса обусловлен некачественной его сборкой (несоосность осей вращения, чрезмерные зазоры), а также недостаточным заполнением впадин зубьев, заеданием лопаток

в пазах ротора. Чтобы устранить эти неисправности, насос необходимо разобрать, снять ротор с вала, промыть детали, добиться соосности осей вращения, сократить зазоры, произвести притирку лопаток.

Причиной снижения давления в насосе является засасывание им воздуха. В этом случае необходимо проверить герметичность уплотнения всасывающего трубопровода, подтянуть все соединения. При утечке масла через уплотнения следует заменить поврежденную манжету.

### **6.1. Автоматизация сборки**

Сборочные работы являются заключительным этапом производственного процесса, на котором готовые изделия получают путем соединения отдельных деталей. Трудоемкость сборки составляет в среднем около 30% всей трудоемкости изготовления машин. В массовом и крупносерийном производстве доля трудоемкости сборки меньше, а в единичном и мелкосерийном, где выполняется большой объем пригоночных работ, она достигает 45%. За последние годы относительная трудоемкость сборочных работ возросла главным образом в связи с тем, что способы получения и механической обработки заготовок совершенствуются более быстрыми темпами. Высокая себестоимость сборочных работ объясняется преобладанием здесь ручного труда и использованием рабочих высокой квалификации.

В сборочном производстве степень применения средств механизации пока меньше, чем на других этапах производства машин, автоматизирован лишь небольшой процент операций. По прогнозам специалистов, без существенных мероприятий по интенсификации сборочного производства, его механизации и ускорения темпов автоматизации численность сборщиков и производственные площади сборочных цехов через 10 лет возрастут в несколько раз. Это потребует не только новых трудовых ресурсов, но и значительных капитальных вложений. Вот почему проблема автоматизации сборочных работ в машиностроении становится весьма актуальной.

Существуют три основных направления ускорения прогресса в области сборки машин: совершенствование

технологии и организации производства, механизация и автоматизация сборочных работ.

Важным фактором, определяющим совершенство технологии, является уровень механизации процесса сборки. Большую роль в совершенствовании сборочных работ, особенно при их автоматизации, играет технологичность конструкции в сборке.

Внедрение более эффективных сборочных технологических процессов связано с необходимостью совершенствования организации сборки. Важнейшим направлением повышения производительности труда является широкое применение поточных линий и прогрессивных методов сборки.

Важным условием повышения технико-экономических показателей процесса сборки является механизация операций, повышение уровня оснащённости труда техническими средствами. На многих предприятиях крупносерийного и массового производства необходимо широко внедрять на сборке полуавтоматы, автоматы и автоматические линии.

Если механизация технологических процессов имеет целью частичную или полную замену ручного труда машинным с сохранением участия человека в управлении машинами, то автоматизация направлена на передачу машинам и приборам и функций управления. Автоматизация технологических процессов может быть полной и неполной. В настоящее время относительно широкое распространение получает полуавтоматическая и автоматическая узловая сборка. Она применяется в автомобилестроении, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении, электротехнической промышленности, приборостроении, радиотехнической промышленности и в некоторых других отраслях. Автоматизация общей сборки сложных изделий встречается значительно реже. Такие изделия собирают на полуавтоматических линиях, при этом часть работ выполняется вручную с применением механизированных средств.

Разнообразие сборочных процессов усложняет их автоматизацию, порождает множество различных типов и видов оборудования, что затрудняет их изготовление, внедрение и использование. Необходимо создание типовых и групповых процессов.

Таким образом, переход к автоматической системе сборочных машин предопределяет принципиальные изменения в технологии. От этого в значительной мере зависит эффективность автоматизации. Автоматизация

Сборки требует новых технологических процессов с большой степенью непрерывности, с более эффективными методами сопряжения деталей. Конечная цель создания эффективного технологического процесса автоматической сборки может быть выражена рядом качественных показателей, главные из которых — рост производительности труда и снижение себестоимости продукции.

*Задачи автоматизации сборки.* Сборка, как и механическая обработка, влияет на точность и качество сопрягаемых поверхностей, что в конечном итоге приводит не только к качественным, но и количественным изменениям точности процесса формирования сборочной единицы.

Первая задача автоматизации сборки изделий — установление влияния сборочной взаимосвязи неподвижных соединений, отнесенное к поверхности, обуславливающей главное рабочее движение. При этом для достижения высокого качества сборки в процессе формирования сборочной единицы точность технологических размерных цепей следует достигать с учетом эксплуатационных нагрузок, тепловых нагружений и износа.

Вторая задача — учет влияния эксплуатационных нагрузок. При построении операций автоматической сборки неподвижных соединений необходимо учитывать возможность возникновения технологических погрешностей. Эти операции должны характеризоваться определенными точностными показателями, такими, например, как параметры точности поверхностей деталей при их механической обработке.

Третья задача — оценка технологических погрешностей на операциях сборки неподвижных соединений и изыскание рациональных методов их устранения. Комплексное влияние факторов сборочной взаимосвязи (эксплуатационных нагрузок и технологических погрешностей, возникающих при сборке) удобно рассматривать на основании структурно-функциональных схем образования поверхностей.

Четвертая задача — применение механической обработки с целью устранения влияния сборочной взаимосвязи в неподвижных соединениях, а также технологических погрешностей и факторов, действующих при эксплуатации. Особое место в процессе автоматизации сборки занимают методы, позволяющие привести непод-



вижное соединение сборочных единиц к соединению с гарантированным зазором. К ним относится тепловое воздействие на детали или сборочные единицы, позволяющие изменить соотношение размеров деталей по сопрягаемым поверхностям. Процесс сборки соединения с гарантированным зазором не оказывает влияния на сборочную взаимосвязь, так как выполняется в свободных посадках. Следовательно, качество этих соединений зависит от точности предыдущей механической обработки.

Пятая задача автоматизации сборки — разработка методов создания исполнительных механизмов, способных воспроизводить характерные для соединений с гарантированным зазором траектории движения и исключать условия заклинивания.

### *Оценка степени подготовленности изделий к автоматической сборке.*

Освоение производства нового изделия и проектирование средств автоматизации его изготовления должны начинаться с анализа технологичности, т. е. изучения совокупности свойств изделия, позволяющих изготавливать его наиболее рационально. Такой анализ необходим для оценки степени подготовленности изделия к автоматизированному производству.

Оценка изделия в единой системе (конструкция, технологический процесс и схема сборки) основана на принципе поэлементного анализа конструкции изделия, его деталей, сборочных компонентов и материалов с точки зрения возможности и технической целесообразности автоматического выполнения определенных операций ориентации деталей в пространстве, подачи в рабочие органы, базирования в рабочие позиции, съема, межоперационного транспортирования.

Поэлементный анализ и определение объективных количественных характеристик деталей и изделия в целом не вызывают затруднений, если использовать дифференцированную систему оценок. Оценка детали должна отражать ее основные свойства: конфигурацию, механические качества, сцепляемость, абсолютные размеры и т. д. Все свойства конкретной детали взаимосвязаны, в совокупности они определяют ее качественную характеристику. Свойства сборочных единиц дифференцированы на семь ступеней, каждая из которых характеризует определенную совокупность признаков. Каж-

дой ступени присвоено кодовое числовое обозначение, которое учитывает условия автоматизации операции по разряду и определяет балл сложности в рассматриваемой категории. Чем сложнее автоматизировать процесс по данному признаку, тем выше балл. Наряду с этим сложность детали характеризуется суммой баллов параметров оценки.

Подготовленность изделия к автоматической сборке оценивают по трем параметрам: итоговой сумме баллов, определяемой суммой баллов, входящих в него деталей и других элементов ( $B$ ); среднему значению суммы баллов ( $B_{\text{ср}}$ ); средней категории сложности материального элемента ( $K_{\text{ср}}$ ).

За критерий подготовленности к автоматической сборке изделия с учетом технологического процесса и схемы сборки принимают  $B = \min$ ;  $B_{\text{ср}} = \min$ ;  $K_{\text{ср}} = \min$ .

Определяющими являются показатели  $K_{\text{ср}}$  и  $B_{\text{ср}}$ .

Анализ изделия проводят в два этапа. Сначала определяют степень пригодности каждой сборочной единицы к автоматической сборке и на основании кодового номера выявляют признаки, дающие наибольшие баллы. Затем оценивают степень подготовленности изделия к автоматической сборке с учетом возможности автоматического выполнения основных и вспомогательных операций, а также дополнительных требований к схеме сборки.

Таким образом, метод балльной оценки степени подготовленности изделия к автоматическому производству позволяет еще на начальной стадии создания дорогостоящего автоматического сборочного оборудования оценить конструкцию изделия с учетом технологического процесса сборки, выявить признаки элементов изделия; ухудшающие его технологичность, и наконец, провести модернизацию изделия и определить некоторые требования к конструктивной схеме сборки.

## **6.2. Технологичность конструкции при автоматической сборке**

Многие машины и механизмы в настоящее время имеют такую конструкцию, которая не позволяет автоматизировать их сборку. В связи с этим при подготовке к проектированию автоматического оборудования приходится анализировать технологичность конструкции изделия, исходя из условий автоматической сборки. Необходимо отметить, что технологичность конструкции

деталей, необходимая для автоматической сборки, не всегда совпадает с технологичностью их изготовления.

Технологичность конструкции не может рассматриваться вообще, а лишь применительно к определенному способу сборки. Однако можно сформулировать общие требования к технологичности деталей для автоматической сборки:

1. Блочность конструкции позволяет автоматизировать сборку отдельных блоков изделия при сложности его конструкции в целом, не поддающейся автоматической сборке:

2. Простота конфигурации, т. е. наиболее удобное расположение деталей в конструкции для автоматической сборки, при которой не требуется изменение положения базовой детали, а присоединяемые к ней детали подаются в одном направлении, например сверху.

3. Точность конструкции должна предусматривать такие допуски на сопрягаемые поверхности, которые обеспечивают сборку методом полной взаимозаменяемости. Кроме того, они должны быть обоснованы расчетом на относительное расположение сопрягаемых и базовых поверхностей, если базирование по сопрягаемым поверхностям не осуществимо.

4. Проведение анализа технологичности конструкции необходимо для установления признаков технологичности деталей и изделия в целом. Это позволяет в принципе решить вопрос о возможности автоматизации процесса сборки, оценить признаки технологичности, и в случае необходимости наметить пути изменения конструкции детали или изделия.

Применительно к деталям используют следующие дополнительные признаки технологичности: отсутствие дефектов, образующих новые элементы формы деталей; мешающих базированию; мешающих соединению деталей. Выделяют также признаки технологичности изделий: возможность узловой последовательной сборки; технологичность класса соединения; возможность автоматической сборки по точностным критериям.

*Пространственная взаимосвязь элементов изделия в процессе сборки* — это характер взаимного расположения элементов, возможных движений их относительно друг друга или какой-либо системы отсчета, наличие механических связей.

Пространственная взаимосвязь определяет возмож-

ности использования тех или иных вариантов последовательности установки сборочных единиц изделия при сборке, применения тех или иных способов базирования и компенсации погрешностей, подходы к зонам выполнения операций и т. д. Влияние свойств пространственной взаимосвязи сборочных единиц на процесс сборки весьма различно. Для исследования и описания этих свойств применяют различные математические методы.

### **6.3. Разработка технологических процессов автоматической сборки**

Технологический процесс автоматической сборки в значительной мере определяет номенклатуру используемого оборудования. В отличие от ручной сборки, где достаточно иметь лишь маршрутную технологию, для осуществления автоматической сборки требуется подробная разработка технологии и, в частности, составление детальной схемы технологического процесса сборки.

Технологическая схема сборки с соответствующими характеристиками отдельных операций и переходов является основанием для проектирования автоматического оборудования.

При создании технологического процесса автоматической сборки вначале разрабатывается наиболее дифференцированный вариант. При этом для каждой операции определяется вид рабочей головки и исполнительного механизма и время выполнения операции. Затем рассматривается целесообразность и возможность концентрации операций с целью уменьшения числа рабочих позиций автоматического оборудования. Выполнение этой задачи облегчается применением кодированной записи технологического процесса. Однако следует помнить, что концентрация операций может привести к усложнению конструкции оборудования на рабочей позиции, снизить надежность работы сборочной машины, а также затруднить ее наладку и обслуживание. Кроме того, при установлении окончательного числа операций, а значит, и рабочих позиций, необходимо учитывать возможность использования нормализованных узлов и агрегатов, которые рассчитаны на определенное число рабочих позиций.

Кодирование (с помощью ЭВМ) технологических процессов сборки облегчает разработку типовых процессов автоматической сборки. Наличие типовых процессов дает возможность выполнить компоновку оборудования

таким образом, что при минимальной переналадке на одном автомате могут собираться последовательно группы изделий или узлов различной, но принципиально сходной конструкции.

Для автоматической сборки предпочтительными являются такие методы закрепления, которые приводят к уменьшению количества или полному устранению крепежных деталей, имеют короткую продолжительность, выполняются наиболее простым рабочим движением. Автоматизация требует изготовления крепежных деталей повышенного качества.

Автоматизированный технологический процесс сборки включает также контрольные операции, целью которых является, с одной стороны, обеспечение высокого качества собираемых узлов, а с другой — сведение к минимуму потерь вследствие различного рода отказов, возникающих в ходе сборки. Для выполнения контрольных операций необходимо иметь специальные устройства, связанные с системой управления автомата. В связи с этим необходимо установить целесообразность и рациональность размещения контрольных операций, а также действия системы по результатам этого контроля. Решение этих вопросов требует проведения технических и экономических расчетов, позволяющих определить структуру автоматизированного процесса сборки.

Базирование собираемых деталей на рабочей позиции автомата может производиться различными методами в зависимости от конфигурации деталей и допустимой степени сложности базирующих устройств.

Крупные плоские или корпусные базовые детали можно базировать на опорную плоскость и два отверстия. Цилиндрические детали типа втулок, шайб, а также детали другой формы, имеющие отверстие, также базируются по отверстию, используя специальный стержень — ловитель. Во время сопряжения собираемых деталей ловитель убирается.

Точность автоматического совмещения деталей в процессе сборки является одним из важнейших факторов, определяющих работоспособность оборудования. При этом используются точностные показатели как оборудования, так и деталей, поступающих на сборку с погрешностями. Цель точностного расчета — определить и сопоставить суммарную погрешность относительного расположения собираемых деталей с допустимой погрешностью, в пределах которой обеспечивается сборка емость деталей.

Автоматическое соединение любой пары деталей произойдет тогда, когда суммарное отклонение  $\Delta_{\Sigma}$  не превышает допустимого отклонения  $\delta_{\Delta}$ , при котором еще обеспечивается сопряжение поверхностей деталей. Величина допустимого отклонения зависит от гарантированного зазора между поверхностями, сопрягающимися при сборке, а также от фасок на кромках деталей. Точность относительного положения деталей перед их соединением можно оценить коэффициентом запаса собираемости

$$K_{з.с} = \delta_{\Delta} / \Delta_{\Sigma}.$$

При разработке технологического процесса сборки деталей с гарантированным зазором требуется определить значение сил, прилагаемых для выполнения соединения, поскольку приходится преодолевать реакции, возникающие при первоначальном контактировании соединяемых деталей по фаскам, а также при перекосах.

#### **6.4. Применение систем адаптивного управления при автоматизации сборки**

Сущность адаптивного управления технологическим процессом на автоматических сборочных машинах заключается в том, что точность пространственного координирования деталей при их соединении обеспечивается путем непрерывного измерения их размеров и относительного пространственного положения. Результаты измерения используются для перемещения и поворота одной детали относительно другой для обеспечения их точной сборки.

При сборке резьбовых соединений скорость ввинчивания ограничена возможностью попадания в заход резьбы и необходимостью затяжки резьбового соединения. Применение реостатной системы на токарно-револьверном автомате обеспечивает наживление и затяжку деталей на малых скоростях, а свинчивание — на высоких предельных скоростях. Это позволяет снизить время на соединение деталей в зависимости от длины свинчивания и шага резьбы на 14...25%.

Наиболее целесообразно использование систем адаптивного управления при завальцовке и запрессовке деталей. Сила запрессовки может значительно изменяться, если детали имеют допуски в пределах заданной посадки: Если поддерживать силу запрессовки в заданном пределе на всем пути соединения деталей, то

затраты времени сократятся на 30% и более, поскольку участки пути с большим натягом можно проходить с большой скоростью. При автоматизации сборки прецизионных изделий, например игольчатых подшипников, обычно возникают значительные трудности, связанные с высокими требованиями к точности пространственного координирования деталей и необходимостью сохранения качества их сопрягаемых поверхностей.

Блок-схема адаптивной системы автоматического управления сборочным процессом приведена на рис. 6.1. Стенд для монтажа игл 4 кольца подшипника 5 включает заталкиватель игл 3, укрепленный на штоке поршня гидроцилиндра 13. Нагнетание жидкости в рабочую полость гидроцилиндра осуществляется насосом 1. Адаптивная система содержит датчик давления, измеряющий действующую сборочную силу, и программирующее устройство 12 в виде потенциометра, ползунок которого перемещается вместе с заталкивателем и обеспечивает сигнал, пропорциональный его осевому перемещению.

Это позволяет устанавливать связь между положением игл и действующей в данный момент величиной сборочной силы.

Обратный клапан 2 и задатчик силы 14 настраиваются на максимально допустимую величину сборочной силы. Сущность управления на сборочном стенде заключается в том, что автоматическое изменение диаметра направляющей втулки 11, охватывающей комплект монтируемых игл 4, превращается в функцию координаты осевого перемещения деталей для систематически действующих факторов и в функцию величины сборочной силы — для случайных. Управляющим воздействием в первом случае является сигнал  $U_1$ , поступающий с программирующего устройства 12, во втором случае сигнал  $U_3$  пропорционален измерению величины сборочной силы  $U_2$ . Одновременно с сигналами  $U_1$  и  $U_3$  в сравнивающее устройство  $СУ$  поступает сигнал  $U_4$ , пропорциональный максимально допустимой величине сборочной силы. Если измеренная величина силы не превосходит заданную, то при суммировании сигналов  $U_1$ ,  $U_3$ ,  $U_4$  на входе  $СУ$  возникает сигнал  $U_5$ , который подается на релейный усилитель  $РУ$ , а затем в виде сигнала  $U_6$  — на исполнительный механизм, состоящий из катушки 6, двигателя 7, датчика 8, рычагов 9 и 10. При этом происходит изменение диаметра направляющей втулки по заданной программе.

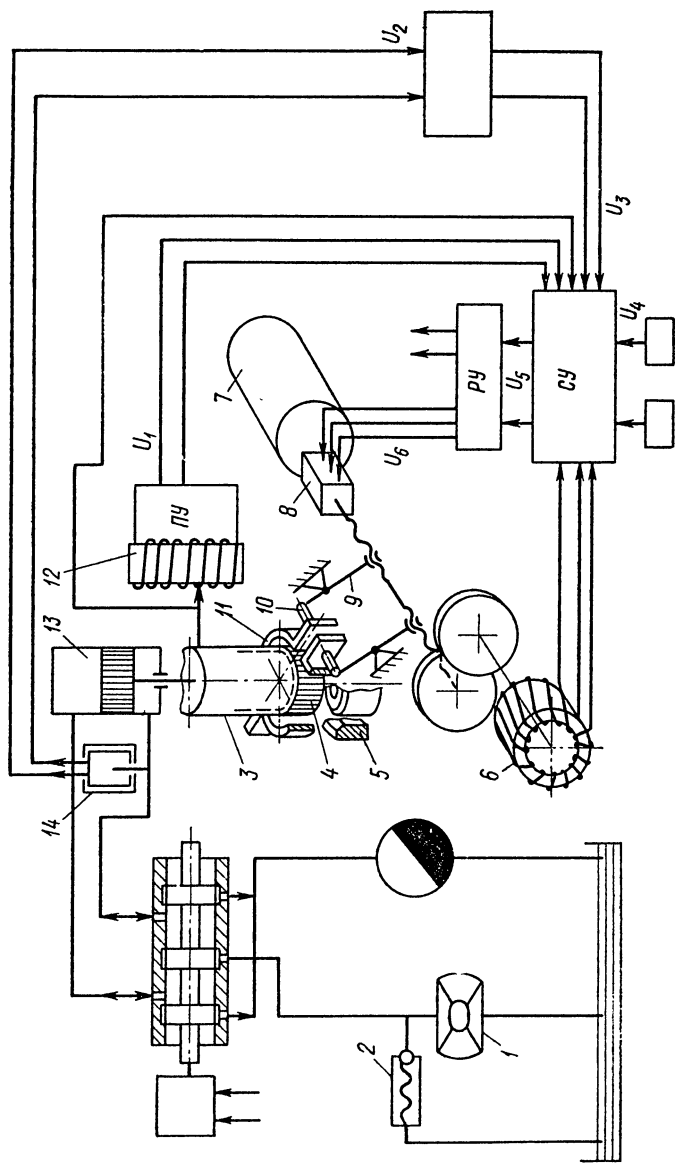


Рис. 6.1. Блок-схема адаптивной системы автоматического управления сборкой



Независимо от величины перемещения заталкивателя игл 3 положением комплекта игл 4 поддерживаются заданные величины их смещений и относительных поворотов. Выполняя роль искателей, иглы войдут в контакт с наружным и внутренним кольцами 5, и под действием сборочной силы произойдет компенсация погрешностей смещения деталей.

При адаптивном управлении процессом сборки изменение погрешностей координирования деталей находится в пределах установленных и легко достижимых допусков, превышающих назначенные допуски в 1,7...2,2 раза. При этом величина сборочной силы снижается в 2 раза, что позволяет увеличить скорость монтажа деталей в 3...5 раз при одновременном обеспечении требуемых значений показателей качества.

### **6.5. Специальные методы автоматической сборки**

На практике имеются примеры успешной автоматизации сборки несложных узлов из мелких деталей типа втулок, штифтов, шайб при помощи вращающегося пневматического устройства (рис. 6.2). Оно состоит из барабана 1 с горизонтальной осью вращения, в одну из боковых стенок которого вставляют съемную доску 2 с рядом гнезд и сквозных отверстий по размеру собираемых деталей 3 (рис. 6.2, а). Детали засыпают в барабан, где они находятся в состоянии беспорядочного движения. Детали, попавшие поперек отверстия, прижимаются к доске сжатым воздухом, который вводится в барабан по трубопроводу 4. Доску с набранными деталями переставляют на второй барабан, и так до окончательной сборки всего узла.

Схема гнезда и деталей в той последовательности, в которой они поступают на сборку, представлена на рис. 6.2, б. Собираемый узел на последней стадии сборки показан на рис. 6.2, в.

К специальным методам автоматической сборки деталей можно отнести сборку соединений с зазором во вращающемся потоке газов (вихревой метод). Деталь помещают в трубу с зазором порядка 1...5 мм, в которой создают вращающийся вихревой поток (рис. 6.3, а). Под действием вращающегося потока деталь начинает совершать колебания. Траектория этих движений зависит от геометрических параметров детали, от парамет-

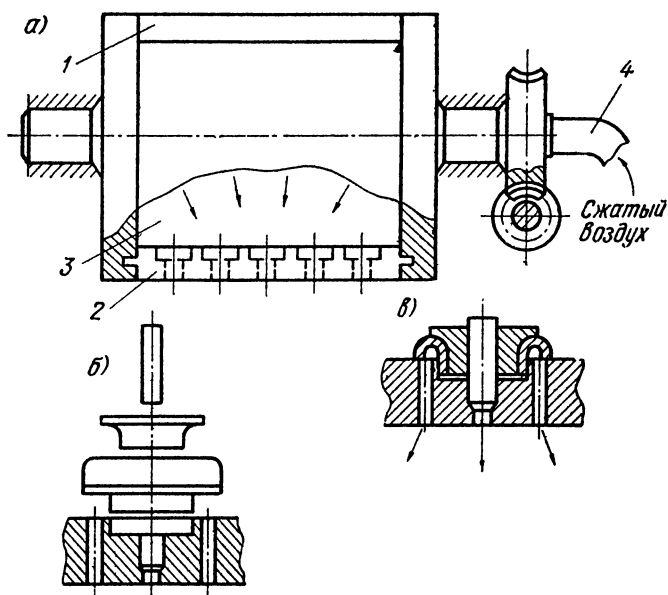


Рис. 6.2. Сборка узлов в барабане с подводом сжатого воздуха

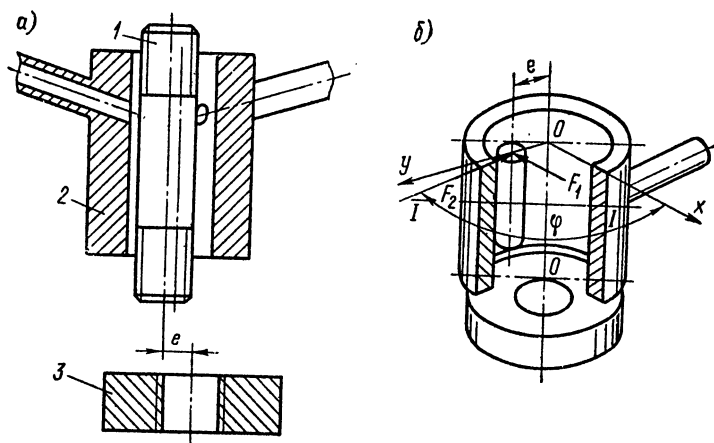


Рис. 6.3. Схемы сборки вихревым методом:  
 1, 3 — сопрягаемые детали, 2 — вихревая труба

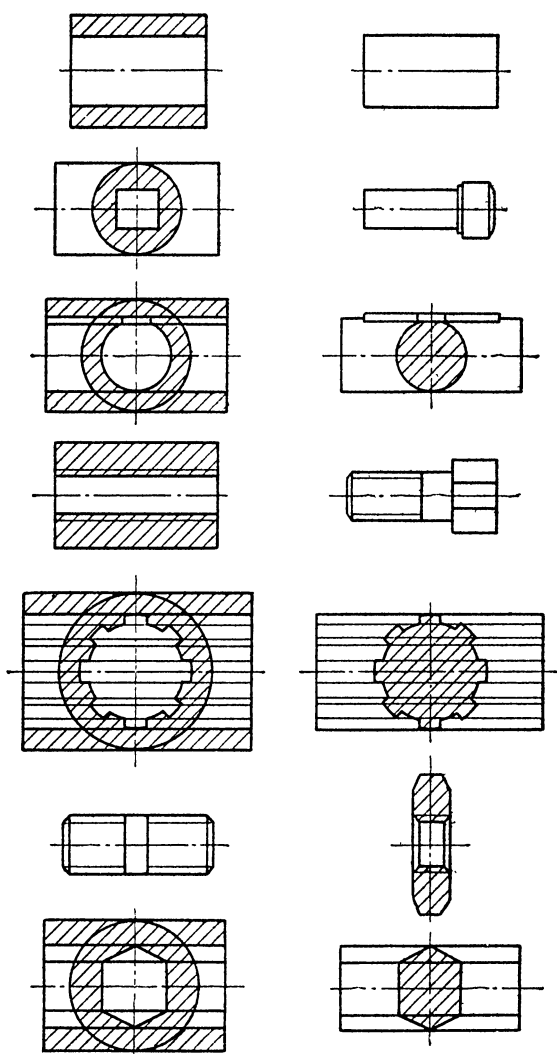


Рис. 6.4. Характерные пары, собираемые вкре-  
вым методом

ров трубы с вихревым потоком и характеристик вихревого потока. В данном случае траектория движения будет такой, как показано на рис. 6.3, б.

Исследования экспериментальных и опытно-промышленных сборочных устройств, созданных на основе вихревого метода, показали, что применение вращающегося потока для автоматизации сборки соединений с гарантированным зазором успешно решает задачу относительной ориентации деталей со сложными сопрягаемыми поверхностями. Этот метод наиболее полно отвечает объективно существующим закономерностям сборки соединений и позволяет перейти от ориентации к сопряжению деталей.

Метод относительной ориентации деталей во вращающемся потоке газа характеризуется наличием осевой силы, создаваемой потоком, которая может достигать 100 Н (10 кгс) в зависимости от входных параметров системы. Для определения технологических возможностей данного метода и определения области его применения исследована значительная номенклатура сопрягаемых деталей, некоторые пары которых представлены на рис. 6.4.

## **6.6. Механизация и автоматизация сборочных работ**

Научно-технический уровень сборочного производства характеризуют показатели уровня механизации и автоматизации сборочных работ, которые определены ГОСТ 23004—78. Существуют три группы показателей, отражающие уровень производства, уровень организации труда и уровень организации производства (табл. 6.1). Для различных видов производства определено оптимальное значение каждого показателя этих трех групп.

Комплексное использование показателей, установленных для различных участков и цехов в условиях сборочного производства позволяет критически оценить состояние механизации (автоматизации) и наметить конкретные пути сокращения ручного труда. Наибольший эффект дает комплексная механизация (автоматизация) по всему циклу производства с учетом вспомогательных, транспортных и складских работ. Трудоемкость этих операций при сборке часто превышает объем основных технологических работ. Например, сменная программа по сборке тракторных двигателей требует

Таблица 6.1

## Показатели, характеризующие технический уровень производства

Показатель	Оптимальное значение уровня		
	мелкосерийного производства	серийного производства	крупносерийного массового производства
Уровень охвата основных (вспомогательных) рабочих механизированным (автоматизированным) трудом	40...50	75	85...95
Уровень механизированного (автоматизированного) труда в общих трудовых затратах	40...50	60...65	75...90
Уровень механизации и автоматизации производственных процессов	45...60	70	82...93
Уровень собираемости машин	65	74	100
Уровень охвата сборки поточными методами	20...40	70	100
Уровень применения типовых технологических процессов	50...60	85...95	100
Соотношение между трудоемкостью сборки и трудоемкостью механической обработки	50...60	20...35	12...15
Уровень технического нормирования труда основных рабочих	30	59	80

## Средства механизации основных

Резьбовых	С пластической деформацией	Клепанных
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механизированный резьбовинчивающий инструмент</li> <li>2. Резьбовинчивающие установки</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механизированные установки с электронагревом токами промышленной частоты</li> <li>2. Холодильные установки с механизированной выдачей деталей</li> <li>3. Прессы гидравлические, пневматические, электромагнитные, вибрационные</li> <li>4. Подвесные гидропневматические скобы</li> <li>5. Механизированные и автоматизированные установки для вальцевания и отбортовки</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пневматические клепальные машины с регулируемой силой удара</li> <li>2. Переносные, ручные пневморычажные и гидравлические клепальные прессы</li> <li>3. Стационарные, гидравлические, пневматические и пневмогидравлические клепальные установки</li> </ol>

## Средства механизации вспомога

### Виды работ

Транспортирование	Распаковка, расконсервация, промывка и обтирка	Пригонка
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приводные роляганги</li> <li>2. Подвесные конвейеры с адресованием</li> <li>3. Вибротранспортеры</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механизированные моечные установки с мощными камерами</li> <li>2. Ультразвуковые моечные установки и машины</li> <li>3. Механизмы для распаковки подшипников</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переносные сверлильные станки и машины</li> <li>2. Притирочные станки</li> <li>3. Механизированные шаберы</li> </ol>

Таблица 6.2

## работ при сборке соединений

Паяных	Сварных	Клееных
1. Электропаяльники с дозированной механической подачей припоя 2. Ультразвуковые паяльники и установки 3. Электропаяльники с одновременным механическим нанесением флюса и припоя 4. Ванны с расплавленным припоем 5. Ванны с расплавленным флюсом 6. Механизированные ванны для подготовки деталей под пайку химическим и электрохимическим способами	1. Оборудование для газовой сварки 2. Оборудование для дуговой сварки 3. Оборудование для контактной сварки 4. Оборудование для лучевой сварки 5. Оборудование для высокочастотной сварки 6. Оборудование для холодной ультразвуковой и диффузионной сварки 7. Оборудование для зачистки сварных швов	1. Оборудование для подготовки склеиваемых поверхностей 2. Оборудование для нанесения клея на поверхность 3. Оборудование для просушивания поверхности с клеем 4. Прессы и другие установки для отверждения клеевых швов 5. Оборудование для зачистки клеевых соединений

Таблица 6.3

## тельных работ при сборке

Виды работ		
Транспортирование	Распаковка, расконсервация, промывка и обтирка	Пригонка
4. Конвейеры для узловой и общей сборки 5. Электрические и пневматические подъемники	4. Пылеотсасывающие установки	4. Ручные электро- и пневмошлифовальные машины 5. Гибочные установки

подачи к сборочным постам 235 тысяч деталей и комплектующих изделий.

Возможные средства механизации (автоматизации) основных и вспомогательных работ при сборке приведены в табл. 6.2 и 6.3.

### **6.7. Автоматизация сборочных операций с использованием промышленных роботов**

**Основные понятия.** Промышленные роботы (ПР) относятся к обширному классу машин, оснащаемых манипуляторами (М). Манипулятор — устройство, предназначенное для имитации двигательных и (или) рабочих функций руки человека; управляется оператором или действует автоматически.

Промышленные роботы можно применять для автоматизации операций на всех видах сборочных работ. При сборке под механическую обработку ПР используют для подачи, ориентации, соединения деталей в один комплект, взаимного закрепления деталей, установки и снятия комплекта при обслуживании обрабатывающего оборудования. При узловой сборке ПР могут осуществлять поиск и распознавание деталей, ориентацию и подачу их на сборочную позицию, контроль размеров, правильности и качества соединения и закрепления деталей, а также транспортировку, укладку (и упаковку) собранного узла. В основном ПР применяются при методе сборки с полной взаимозаменяемостью.

*Основные операции сборки, которые могут быть выполнены с помощью ПР, оснащенных соответствующими инструментами и приспособлениями, следующие: надеть — вставить; наложить — вложить; раздвинуть — развернуть; установить — снять; запрессовать; свинтить — развинтить; склеить; склепать; сжать — разжать; нанести; сварить; зачистить; ориентировать; измерить; залить.*

*Основные требования, предъявляемые к изделиям (сборочным единицам), подлежащим сборке на автоматизированном оборудовании:*

разделение изделий на законченные взаимозаменяемые сборочные единицы, обеспечивающие возможность их сборки независимо друг от друга;

возможность сборки с полной взаимозаменяемостью;  
минимальное число соединяемых поверхностей и видов соединений;



доступность мест соединений сборочных единиц для контроля качества соединения (если требуется);

возможность последовательной сборки на основе базовой детали, с которой последовательно сопрягаются присоединяемые детали;

дополнительная обработка, пригонка и регулировка в процессе сборки не допускаются.

Общие правила отработки конструкции изделия на технологичность и правила выбора показателей технологичности конструкции изделий установлены ГОСТ 14.201—73 и ГОСТ 14.202—73, правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц — ГОСТ 14.203—73. Собираемые детали должны быть чистыми, без забоин и вмятин, не сцепляться друг с другом при выходе из подающего устройства (магазина). В их конструкциях предусматриваются заходные фаски, конуса, проточки и т. д. Следует избегать соединений с деталями из легкодеформируемых, хрупких и не обеспечивающих сохранения определенной геометрической формы материалов. Перед поступлением на сборочную позицию необходимо проверять соответствие параметров деталей техническим условиям.

Тип и конфигурация базовой детали определяют конструкцию базирующего приспособления и схему базирования. Условия собираемости, выбор базовых поверхностей при захвате и монтаже присоединяемой детали, а также последовательность сборки зависят от пространственного расположения поверхностей сопряжения. Основным признаком классификации типовых сборочных единиц и комплектов является деление их на комплекты типа вала (с охватываемой базовой деталью) и корпуса (с охватывающей базовой деталью).

В комплекте типа вала базовой деталью является вал или другая деталь этой группы, на которую устанавливают подшипники, зубчатые колеса, втулки, пружинные стопорные кольца, уплотнительные манжеты.

В комплекте типа корпуса базовыми деталями являются корпус, фланец, стакан и т. д., в которые вставляются присоединительные детали. Указанные комплекты деталей являются типовыми для всех изделий машиностроения.

*Основное сборочное оборудование.* Наиболее широкое применение в сборочном производстве получили одношпиндельные и многошпиндельные гайковерты, вальцующие головки, поворотные многопозиционные столы, прессы, сварочные головки и т. д. Указанное оборудова-

ние, как правило, выполнено настольным или в виде ручного механизированного инструмента. Это позволяет применять его как сменный инструмент; с помощью которого роботы осуществляют сборку. ПР можно применять как подъемно-транспортное и загрузочное оборудование или в качестве основной технологической единицы.

Сборочное оборудование имеет вертикальное или горизонтальное исполнение. Приспособления, применяемые для закрепления базовой детали при сборке, обычно идентичны приспособлениям, применяемым при механической обработке различных видов. По возможности следует использовать универсальные кулачковые и цанговые патроны, оправки, призмы, центры и другие базирующие и фиксирующие устройства, обеспечивающие требуемую точность установки и закрепления.

*Основные требования к ПР, применяемым в сборочном производстве.*

Промышленные роботы призваны обеспечивать всю совокупность перемещений, необходимых для сборки, с учетом номенклатуры и программы выпуска собираемых изделий, частоты их сменяемости и габаритных размеров технологического оборудования.

Специфика сборки и необходимость компенсации погрешностей установки деталей обуславливают ряд конкретных требований к сборочным ПР. Они должны иметь:

цилиндрическую прямоугольную систему координат основных движений, причем для сопряжения деталей требуется, как правило, их взаимное прямолинейное перемещение; не исключена возможность и более сложного движения, которое должен обеспечить исполнительный орган ПР или сборочный инструмент;

размеры рабочей зоны, достаточные для размещения вспомогательных устройств, приспособлений и оснастки, магазинов с инструментами и захватными устройствами, подающих устройств и накопителей собираемых деталей, средств контроля качества сборки;

не менее трех степеней подвижности, причем должна быть предусмотрена возможность получения дополнительных степеней путем дополнительных движений ПР или сборочных инструментов;

расширенные возможности стыковки с большим числом единиц вспомогательного оборудования (тактовыми столами, транспортерами, устройствами поштучной выдачи и т. д.);

устройства автоматической смены захватных приспособлений и инструмента, которые могут подключаться к силовой и измерительной пневматической или электрической сетям (для ПР, выполняющих последовательно несколько различных операций и переходов);

скорости перемещений исполнительных узлов и кинематических звеньев, обеспечивающие наибольшую производительность выполнения основных и вспомогательных переходов сборки; при необходимости выполнения механической обработки (сверления, развертывания и др.) следует предусмотреть возможность перемещения исполнительного узла с требуемыми скоростями и усилием подачи режущего инструмента или комплектовать сборочный комплекс соответствующим обрабатывающим оборудованием, обслуживаемым ПР (целесообразные скорости 0,001...1,5 м/с).

Для сборки могут быть использованы промышленные роботы КМО.63Ц.4212, КМ 10Ц42.31, «Универсал-50», «Циклон-5С», а также специальные ПР.

Типовые роботизированные комплексы (РК) представляют собой системы из одного или более ПР, приспособлений, инструмента и другого оборудования, выполняющие законченную сборочную операцию или несколько операций (переходов) и передающие собранную единицу на следующую сборочную позицию.

На рис. 6.5, а, б представлены сборочные комплексы с одним и двумя промышленными роботами, где они выполняют транспортировку деталей и их сборку на сборочной позиции. На рис. 6.5, в показан сборочный комплекс, в котором весь объем технологических сборочных операций производится специализированным оборудованием.

На рис. 6.5, г показан сборочный комплекс с магазином для автоматической смены сборочного инструмента и захватных устройств, осуществляемой ПР, что дает возможность расширить состав собираемых деталей и объем сборочных операций. Для сокращения вспомогательного времени на смену инструмента при последовательном выполнении ряда операций комплекс может оснащаться несколькими сборочными приспособлениями (рис. 6.5, д).

На рис. 6.5, е представлена роботизированная автоматическая линия линейной компоновки. На линиях такого типа число сборочных позиций определяется главным образом условиями выполнения сборки, в то время как на роботизированных комплексах с круговой компо-

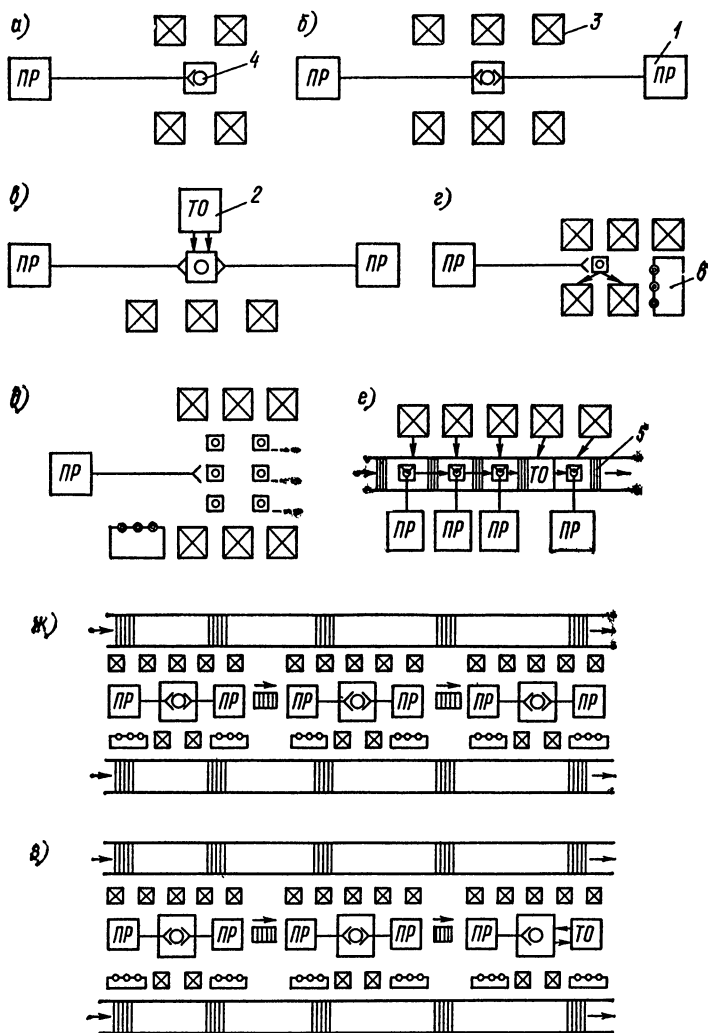


Рис. 6.5. Сборочные комплексы и участки:

1 — промышленный робот; 2 — технологическое оборудование, 3 — накопители деталей и сборочных единиц, 4 — сборочные приспособления, 5 — транспортное средство, 6 — набор автоматически сменяемого сборочного инструмента и захватов

новой можно разместить не более 10...12 сборочных позиций. Наибольшей гибкостью, универсальностью и легкостью переналадки обладают роботизированные участки, состоящие из нескольких сборочных комплексов, которые не имеют между собой жесткой функциональной связи. Схемы участков с гибкой транспортной связью между позициями сборки представлены на рис. 6.5, ж, з. Отсутствие жесткой связи между сборочными позициями позволяет распределять операции между ними с наиболее эффективной их загрузкой. Этого невозможно достичь на роботизированной автоматической линии, состоящей из РК, где такт сборки лимитирован временем выполнения наиболее длительной операции.

При необходимости выполнения запрессовки, заливки, нагрева, промывки и других подобных операций в состав участка или линии может быть введено дополнительное оборудование.

При 6...12 деталях в собираемом узле (сборочной единице) и программе выпуска  $(0,2...1,0)10^5$  изделий в год целесообразно применять роботизированные комплексы типа представленного на рис. 6.5, г, д; при программе выпуска  $(1...8)10^5$  изделий в год — комплексы типа представленного на рис. 6.5, е; при программах более  $(5...15)10^5$  изделий в год — сборочные линии с жесткой связью с круговой или линейной компоновкой типа показанной на рис. 6.5, ж, з. При крупносерийном и массовом производстве, т. е. при выпуске  $1 \cdot 10^6$  изделий в год рентабельно использовать специализированное сборочное оборудование.

## **6.8. Контроль и измерения при помощи лазеров**

Одной из актуальных задач в области технических измерений в настоящее время является разработка высокопроизводительных бесконтактных контрольно-измерительных средств. В последние годы наметились реальные пути решения этой задачи, что обусловлено двумя причинами. Во-первых, значительное развитие получила квантовая электроника; уже сейчас имеется большой ассортимент различных лазеров. Во-вторых, развитие электронной техники привело к появлению мини- и микроЭВМ, различных средств и устройств обработки информации. Широкое использование ЭВМ позволяет освободить человека от рутинных процедур обработки измерительной информации.

Есть все основания ожидать, что именно применение лазеров приведет к существенным изменениям в области технических измерений. Как известно, лазерное излучение имеет строго определенную длину волны, которая практически не изменяется и может служить точным эталоном длины. С помощью лазера возможно измерить амплитуды колебаний изделий от долей ангстрема до нескольких метров в практически неограниченном частотном диапазоне, а линейные перемещения — от долей микрона до десятков метров.

Лазерное излучение также характеризуется высокой когерентностью — согласованностью или сфазированностью световых колебаний, излучаемых всеми возбужденными частицами рабочей среды лазера. Благодаря когерентности света, освещающего изделия, возможно сохранить и легко сделать видимыми с помощью явлений дифракции и интерференции очень малые изменения фаз световых колебаний, возникающих при отражении от контролируемой поверхности. Это обстоятельство широко используется в измерительных устройствах, основанных на интерферометрических и голографических методах.

Кроме того, яркость лазерного луча достаточно велика, чтобы его использовать даже в обычных незатемненных помещениях. Почти идеальная параллельность световых лучей, испускаемых лазером, делает их пригодными для измерения линейных размеров и юстировки деталей.

На практике реализуются различные методы лазерных измерений. *Теневой метод* контроля и измерений (рис. 6.6, а) позволяет производить обмер либо изображения, получаемого под микроскопом, либо тени детали. Измеряемый предмет помещают в интерференционное поле, образующееся при пересечении двух когерентных пучков света от лазера. Это поле, представляющее собой ряд равноотстоящих полос, служит в качестве измерительной шкалы. Изображение полос с помощью полупрозрачного зеркала подают на линейку фотоприемников.

По сигналу, поступившему с линейки, на которую проецируется тень предмета, электронно-вычислительная система определяет масштаб этой шкалы и вычисляет размер тени. Современная система с управляющей мини-ЭВМ «Электроника-60», основанная на лазерном теневом методе, имеет быстродействие до 1800 измерений в минуту при точности, которая соответствует раз-

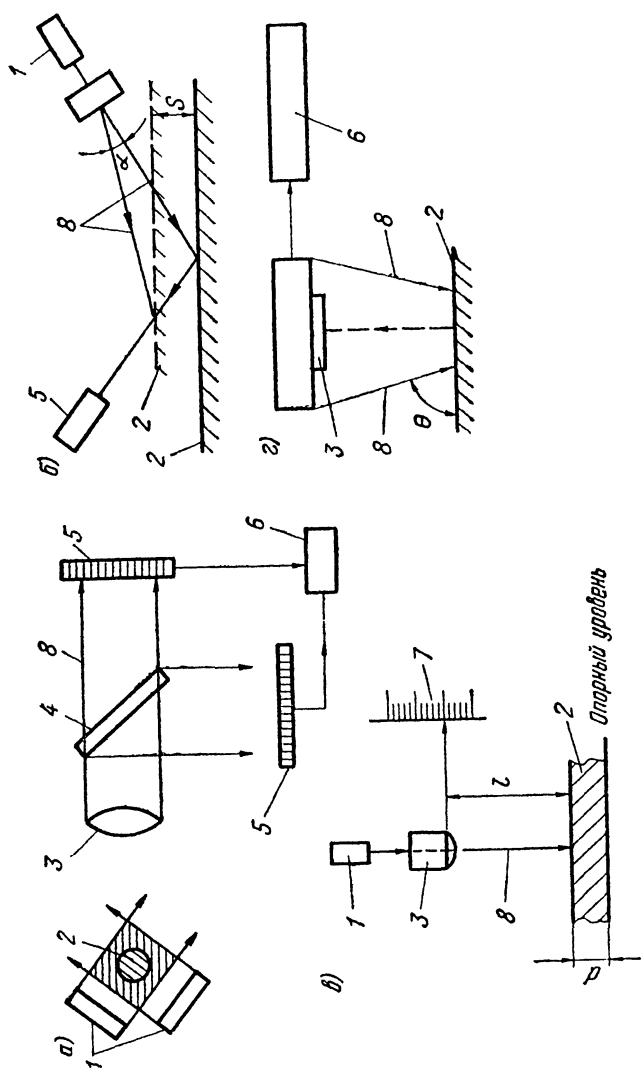


Рис. 6.6. Методы лазерных измерений:

1 — лазер, 2 — лезвие, 3 — объектив, 4 — полупрозрачное зеркало, 5 — мини-ЭВМ, 6 — фотопроектор, 7 — шкала, 8 — луч лазера

решающей способности объектива около 5—10 мкм, формирующего теневое изображение.

*Триангуляционный метод* измерения размеров (рис. 6.6, б) основан на свойстве лазера создать параллельные лучи света. Суть метода в том, что размеры или расстояния вычисляются по известным тригонометрическим соотношениям элементов плоских фигур (треугольников), образованных прямым и отраженным лучами лазера. Точность измерения этого метода не очень высока и определяется не только степенью расходимости луча света, но и качеством поверхности контролируемого изделия. Чем лучше отражает поверхность, т. е. чем она зеркальнее, тем выше точность измерения.

На свойстве линз и объективов фокусировать параллельный пучок лазера в малую точку основаны измерения *методом точной фокусировки* (рис. 6.6, в). Луч лазера фокусируется в точку на опорном уровне с помощью оптической головки, в которую входят объектив и система регистрации изображения. Такое положение головки фиксируется на шкале и соответствует началу измерительной линейки. Чтобы определить толщину детали, необходимо провести операцию фокусировки лазерного луча на контролируемую поверхность. Эта операция реализуется специальной следящей системой на основе информации о степени расфокусировки, поступающей из измерительной головки. Когда система точно сфокусируется на поверхность, по шкале можно определить толщину детали. В этом случае луч лазера служит оптическим щупом, обеспечивающим постоянство расстояния между измерительной системой и деталью. Поскольку для работы системы используется изображение луча лазера на поверхности (сфокусированное пятно), то последняя должна в достаточной степени рассеивать свет.

Профиль изделия можно определить с помощью *метода двух лазерных лучей* (рис. 6.6, г), падающих на поверхность контролируемого изделия под некоторым углом. Лазерные пучки создают на поверхности объектива два освещенных пятна. При перемещении поверхности расстояния между этими пятнами будут изменяться в зависимости от того, удаляется или приближается контролируемая поверхность к измерителю. Если одновременно использовать две такие системы, расположенные по обе стороны от контролируемого изделия, то можно определить профиль объекта. Метод эффективен, например, для измерения профиля лопаток турбины. Профиль лопатки определяется в ряде сечений по ее



высоте, а результаты измерений выводятся с помощью графопостроителя и сопоставляются с шаблоном. Такой метод позволяет провести полное обследование лопатки любого размера не более чем за 1 мин с погрешностью до 2,5 мкм, причем процесс измерения можно полностью автоматизировать.

На использовании высокой яркости лазерного света основан *дифракционный метод измерений*. Измерение объекта проводится не по размерам его изображения, а по распределению интенсивности света, дифрагировавшего на объекте и собранного линзой в фокальной плоскости. Это распределение называется пространственно-частотным спектром. Оно не меняется при смещении объекта, что позволяет применять метод для измерения движущихся деталей, например, на конвейере.

Метод может быть реализован двумя способами: амплитудным и интегральным. В первом случае в какой-то фиксированной точке плоскости наблюдения измеряется амплитуда света, дифрагирующего на предмете. Сопоставляя полученную величину с заранее рассчитанными графиками спектра интенсивности, соответствующими различными размерами измеряемой детали, делают вывод о размере контролируемой детали. Однако значение амплитуды в одной точке может быть неоднозначным. Для разрешения неопределенности приводят измерение интенсивности в какой-либо другой точке спектра. При интегральном способе измерения спектра интенсивности света сравнивают параллельно все амплитуды в спектре. Это осуществляется в оптической системе голографического распознавания образов. Измеряя яркость точки, можно судить о размерах контролируемой детали. Если деталь точно соответствует эталону, то яркость будет максимальной.

Основным недостатком амплитудных измерений пространственно-частотного спектра является их большая чувствительность к наличию загрязнений на поверхности детали (пыли, масляных пленок), что неизбежно в реальном производственном процессе.

Дифракционные измерения размеров могут приводиться на основе дешифровки структуры спектра. Это — более точные измерения, так как структура пространственно-частотного спектра непосредственно связана с геометрическими параметрами детали и мало зависит от качества ее поверхности. Такая модификация метода получила название пространственной.

При реализации теневого метода или метода измере-

ний по изображению деталей всегда имеется ограничение по точности, обусловленное разрешающей способностью объектива и составляющее обычно 5...10 мкм. При дифракционном методе такого ограничения нет, поскольку почти всегда можно заранее рассчитать структуру дифракционного спектра. Если расчет спектра невозможен, то оптическую систему просто откалибровывают по эталонным образцам, измеренным каким-либо другим способом. Таким образом, точность измерения спектра практически определяется точностью получения размеров детали. Структура спектра расшифровывается обычно на ЭВМ. Ввод изображения в нее осуществляется телевизионными системами, матрицей фотоприемников либо с помощью системы сканирования и одного фотоприемника. Дифракционные оптические приборы измерения линейных размеров уже начинают выпускать серийно. Они предназначены для определения размеров в диапазоне от 0,01 до 10 мм с погрешностью 0,05...2%. Их быстродействие — 50 измерений в секунду.

Схемы лазерных измерительных систем довольно просты, однако практическое применение этих систем требует их модификации с учетом конкретных производственных условий.

С внедрением лазеров в машиностроении и станкостроении точность изготовления узлов повысится примерно в 10 раз, в несколько раз сократится продолжительность контрольно-измерительных операций. Например, для юстировки станка НС33Ф2 используется лазерный измеритель перемещений ИПЛ-10, позволяющий получить высокую точность перемещения инструмента по плоскости — около 20 мкм на длине 15 м.

Используя дифракцию лазерного пучка на объектах малого размера, можно с высокой точностью измерять их размеры. В качестве примера рассмотрим процесс измерения диаметра проволоки. Дифракционная картина проволоки, помещенной в лазерный пучок, диаметр которого превышает диаметр проволоки, представляет собой последовательность пятен, расположенных вдоль прямой линии, перпендикулярной проволоке. В центре проектируемой на экран картины находится пятно недифрагированного излучения, а в направлении, перпендикулярном проволоке, располагаются пятна дифрагированного света, расстояние между которыми обратно пропорционально диаметру проволоки  $D$  и изменяется в соответствии с выражением

$$\sin \varphi_n = n\lambda/D,$$

где  $\varphi_n$  — угол между направлением на  $n$ -е пятно (считая от места расположения проволоки) и направлением лазерного пучка;  $\lambda$  — длина волны лазерного излучения;  $n$  — число пятен дифрагированного света. Приведенное соотношение можно использовать для определения  $D$  по результатам измерения расстояний между пятнами дифрагированного излучения.

На практике описанный метод позволяет измерять диаметры проволок или волокон порядка 0,0025 мм с погрешностью 5%. Этот метод обладает рядом преимуществ. Прежде всего это отсутствие контакта измерительной аппаратуры с проволокой. Кроме того, дифракционная картина не изменяется при перемещении проволоки в продольном направлении, что позволяет измерять диаметр проволоки в процессе ее вытягивания. Перемещение проволоки в направлении, перпендикулярном ее длине, не вызывает изменения расстояния между световыми пятнами до тех пор, пока проволока не выходит за пределы сечения лазерного пучка. Данный метод чрезвычайно удобен для измерения диаметра тонких проволок.

В рассмотренном выше примере использована высокая яркость лазерного пучка. Соответствующие дифракционные явления были известны давно, но отсутствие достаточно ярких источников излучения не позволяло практически реализовать этот тип измерений. В настоящее время разработана автоматизированная система измерения, в которой регистрация дифракционной картины осуществляется при помощи решетки фотодиодов или видикона. На основе результатов анализа выходного сигнала фотоприемника измеряют расстояние между максимумами интенсивности дифракционной картины и непосредственно определяют диаметр проволоки.

К числу операций, которые могут быть выполнены дифракционными измерительными приборами, относятся: измерение диаметра или ширины объектов, изготовляемых путем выдавливания или вытягивания; измерение толщины предметов из листов пластика, резины или бумаги; определение степени плоскостности или волнистости поверхностей деталей типа уплотнительных или поршневых колец; контроль концентричности деталей; контроль точности изготовления лопаток турбины и деталей компрессора; контроль точности угловой ориентации деталей. В настоящее время серийно изготавливаются системы, предназначенные для решения повседневно встречающихся в промышленном производстве

проблем измерения, калибровки и контроля продукции.

Измерение линейных размеров и шероховатости поверхности. При проведении поверхностных измерений обычно используют заостренный наконечник, который находится в механическом контакте с исследуемой поверхностью. Изменения положения поверхности вызывают перемещения наконечника, величину которых можно измерить. Таким путем снимают и контуры профиля поверхности.

С помощью механических устройств можно проводить обследования деталей с целью контроля шероховатости обработки их поверхностей и размерных допусков, непрерывную проверку толщины и параметров поверхности изделий в процессе автоматического контроля (с использованием сервоконтроля с обратной связью при обработке заготовок), а также точное измерение размеров шаблона.

Для обеспечения точного воспроизведения размеров полномасштабных изделий используется метод профилометрии шаблонов. Применение пучка света в качестве оптического зонда в профилометре дает ряд очевидных преимуществ: не повреждается отделка поверхности, не изнашивается измерительный инструмент, создается возможность проводить измерения на мягких материалах (например, на глиняных шаблонах).

В настоящее время разработаны различные модели лазерных неконтактных профилометров, которые позволяют при условии использования сфокусированного лазерного пучка различать детали микроскопической текстуры поверхности и степень ее обработки, проводить измерения на различных материалах с разной степенью обработки поверхности, обеспечить более высокую точность измерений по сравнению с обычными профилометрами, снабженными измерительным наконечником.

В основе всех вариантов измерения лазерными профилометрами лежит оптическое определение расстояния между измерительной головкой, которая имеет фиксированное положение, и обследуемой поверхностью.

Если обследование поверхности производится с достаточно высоким разрешением, то оно в принципе позволяет определить профиль объекта и построить профилограмму. Если же измерение ведется с более грубым разрешением, то его результат может рассматриваться как определение толщины объекта. Подобные устройства используют для измерения изделий, непре-

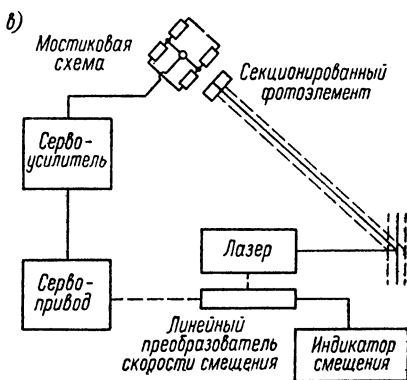
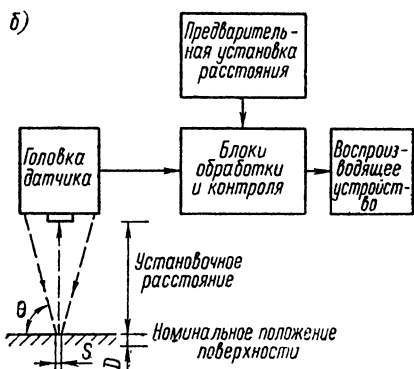
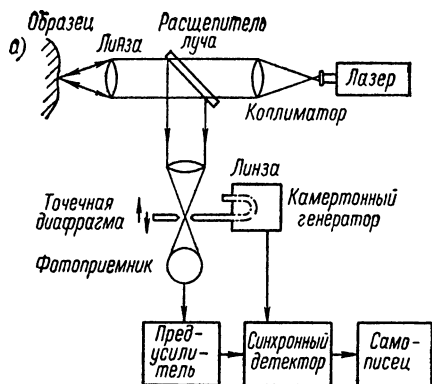


Рис. 6.7. Системы контроля объектов

рывно перемещающихся относительно измерительной головки.

Для выполнения описанных выше видов измерений на практике используют различные типы устройств.

*Система для измерения профиля объектов* представлена на рис. 6.7, а. В ней с помощью линзы лазерный пучок фокусируется в небольшое пятно на поверхности объекта. Эта же линза используется для собирания излучения, рассеянного поверхностью. При помощи другой линзы рассеянное излучение фокусируется на точечную диафрагму, которая приводится в колебательное движение камертонным генератором. Прошедшее через эту диафрагму излучение попадает на фотоприемник. Переменная составляющая выходного сигнала фотоприемника усиливается, а затем детектируется синхронным детектором, который «привязан» к сигналу камертонного генератора. Анализ выходного сигнала синхронного детектора позволяет определить, сфокусирован ли лазерный пучок на исследуемой поверхности.

*Система для измерения толщины объектов* представлена на рис. 6.7, б. В ней используются два световых луча, падающих на поверхность объекта под определенным углом.

Пучки создают на поверхности два освещенных пятна, расстояние между которыми  $S$  зависит от удаления головки измерительного датчика от исследуемой поверхности и определяется следующим выражением:  $S = 2D/\operatorname{tg} \Theta$ , где  $D$  — смещение поверхности относительно номинального положения;  $\Theta$  — угол между осью пучка и плоскостью поверхности.

При изменении положения объекта световые пятна сближаются или удаляются в зависимости от того, приближается поверхность к головке датчика или удаляется от нее.

В головке датчика измерителя имеется система линз и оптическое сканирующее устройство, которое обеспечивает обзор поверхности и вырабатывает два импульса в том случае, когда в его поле попадают световые пятна. Временной интервал между импульсами пропорционален расстоянию между световыми пятнами. Таким образом, интервал между импульсами зависит от положения поверхности исследуемого объекта.

Точность системы составляет  $\pm 7,6$  мкм, воспроизводимость результатов — 2,5 мкм, динамический диапазон измерений — 5 мм, время отклика — 1мм/с.

Разработана также аналогичная измерительная система, в которой используется один лазерный пучок, направленный на поверхность объекта (рис. 6.7, в). Здесь излучение, рассеянное под заданным углом, фокусируется на секционированный фотоэлемент. В системе применяется принцип нулевого отсчета. Выходной сигнал равен нулю в том случае, когда обе секции фотоэлемента освещены одинаково. Сигнал разбаланса секций фотоэлемента регистрируется и подается на сервоусилитель, перемещающий поверхности. Данные о смещении поверхности можно воспроизвести на шкале соответствующего измерительного прибора или зарегистрировать при помощи записывающего устройства. Точность системы составляет 1,3 мкм, воспроизводимость результатов — 0,76 мкм, динамический диапазон измерения — 127 мкм, скорость измерения — 25 мм/с.

В качестве примера рассмотрим систему для измерения толщины, например металлических полос. В процессе непрерывного производства они проходят под неконтактным лазерным зондом. Положение поверхности материала автоматически сравнивается с установленным стандартным положением. Выдается цифровой отсчет отклонения размеров от принятого стандарта. При этом стабильным началом отсчета служит вращающийся ролик или фиксированная поверхность.

Одновременное применение двух устройств, определяющих положение поверхности, дает возможность измерять толщину слоя в отсутствие опорной поверхности. Система расщепителей луча позволяет проводить измерения в 10 точках на всей ширине листа. Полученные данные вводятся в логическую схему, с помощью которой определяется толщина в каждой из 10 точек измерения. Таким образом, на выход системы непрерывно поступает информация о толщине движущегося листа в 10 точках.

*Измерение размеров изделий.* Лазеры можно использовать для обследования самых разных видов продукции. Сюда относятся измерения толщины пластика, резины и металла; контроль размеров поршневых колец, головок цилиндров двигателей, свеч зажигания и пружин дроссельной системы; измерения диаметра стеклянных трубопроводов и топливных элементов; контроль формы роликовых подшипников и толкателей клапанов двигателей внутреннего сгорания. Приведенный список иллюстрирует широкие возможности лазерных измерительных систем.

Различают три основных метода измерения размеров с применением лазерного излучения: метод, основанный на прерывании лазерного пучка пересекающим его предметом (сканирующий пучок); метод, основанный на сравнении размеров (положение поверхности изделия определяют относительно измерительной головки); метод, основанный на использовании явления дифракции.

При применении первого метода обследуемый объект помещается на пути пучка, которым этот объект сканируется. Регистрация пучка осуществляется фотоприемником. Выходной сигнал приемника отсутствует на протяжении промежутка времени, в течение которого пучок прерывается объектом. Прерывание светового сигнала приводит к формированию сканирующего сигнала. По цифровому отсчету, который соответствует интервалу времени между сканирующими сигналами в моменты пересечения пучка краями объекта, и определяют размеры объекта. Устройствами такого типа можно определять размеры быстродвижущихся или непрерывно изготавливаемых деталей, при этом не требуется строгая фиксация измеряемого объекта. Результаты измерения могут использоваться также для контроля производственного процесса с помощью системы обратной связи. Несложные измерения в устройстве позволяют применять его для обследования профиля объекта (путем сканирования пучка вдоль объекта) или определения степени его сферичности (путем вращения объекта в пучке). Этот метод наиболее прост для применения и интерпретации результатов.

Сравнительное измерение размеров заключается в определении положения края объекта относительно измерительной головки. Используя две измерительные головки, каждая из которых определяет положение различных сторон плоского материала, можно определить его толщину. Если измеряемые изделия движутся на ленточном или роликовом транспортере, то в качестве опорного уровня используют положение ролика (ленты). Этот метод измерения применяется в тех случаях, когда требуемый размер можно определить из результатов измерений положения поверхности.

Несмотря на то что конкретные условия применения методов измерения размеров изделий варьируются в зависимости от их формы или размеров и технологических требований, изложенные общие принципы могут быть применимы для широкого класса процессов авто-



матического контроля в промышленности. Преимущество методов лазерных измерений заключается в том, что они являются дистанционными и неконтактными, позволяют проводить измерения быстро и с высокой точностью. В табл. 6.4. приведены паспортные данные промышленных лазерных систем, предназначенных для контроля размеров.

В триангуляционных измерителях используется метод измерения размеров (расстояния) путем вычисле-

Таблица 6.4

Параметры лазерных систем контроля размеров

Метод измерения	Минимальное разрешение, мкм	Точность, мкм	Максимальный размер, см	Объекты измерения
Сканирующий пучок	5	0,12	12	Диаметр прута, профиль тянутых изделий
Сравнительное измерение	12	1	25	Толщина листовой продукции
Дифракционный	0,025	0,12	0,25	Диаметр проволоки, ширина малых зазоров

ния элементов плоских фигур (треугольников), образованных прямым и отраженным лучами лазера. В вершинах этих треугольников располагаются: источник излучения, точка контролируемой поверхности, точка, отражающая луч, и элемент, воспринимающий отраженный луч. Основой вычисления является точное измерение одного из элементов плоской фигуры — базиса.

При изготовлении детали требуемые размеры могут быть введены в программу процесса ее обработки. В этом случае сущность лазерного триангуляционного метода заключается в формировании электрического сигнала, параметры которого будут соответствовать отклонению величины контролируемого размера от его требуемого значения.

Так, в измерителе (рис. 6.8, *в, г*) при соответствии измеряемого размера  $d$  детали требуемому значению величина напряжения  $U_x$  устанавливается равной 0. В случае отклонения размера изменится расстояние  $ab$  и величина напряжения  $U_x$  будет отличной от 0. Усиленное напряжение  $U_x$  будет воздействовать на исполни-

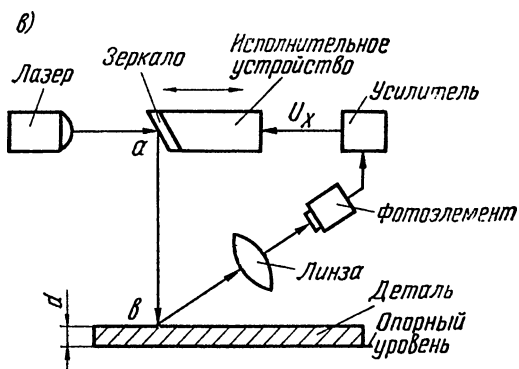
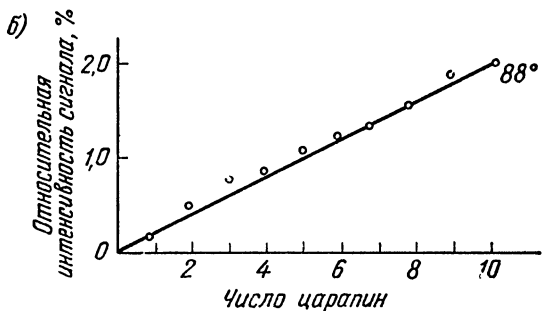
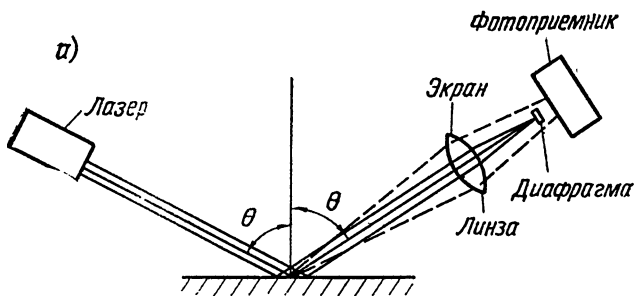
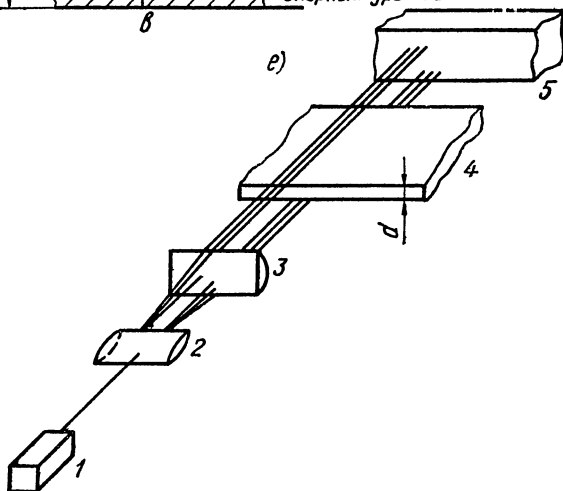
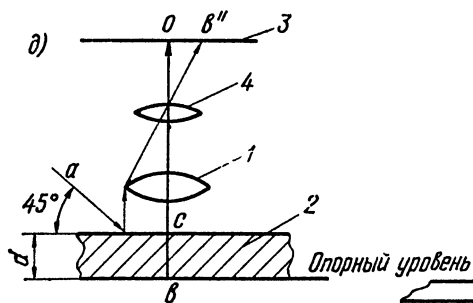
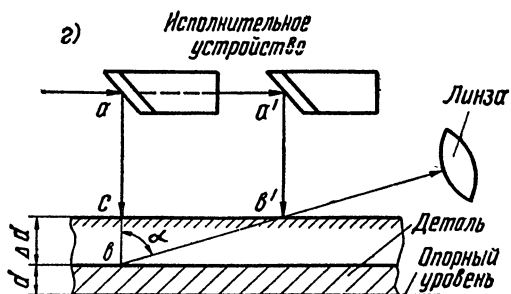


Рис. 6.8. Контроль шероховатости



и линейных размеров различными методами

тельное устройство следящей системы до тех пор, пока изображение луча на поверхности детали не переместится в положение, соответствующее центру симметрии дифференциального фотоэлемента (элемента сравнения следящей системы).

Таким образом, величина и знак напряжения  $U_x$  (управляющего воздействия следящей системы) будут соответствовать величине и знаку изменения расстояния  $ab$ , а значит, и отклонению размера детали от его заданного значения. Очевидно, что знак и величину отклонения  $\Delta d$  можно определить как сторону  $bc$  треугольника  $bc'b'$  через величину и направление отклонения точки  $b$  от точки  $c$  при известном угле  $\alpha$ . Величина угла  $\alpha$  обычно остается неизменной. Величина напряжения  $U_x$  будет пропорциональна величине  $\Delta d$ . Значение коэффициента этой пропорциональности определяется распределением величины коэффициентов передачи между функциональными узлами следящей системы. Исходными данными для измерения абсолютного значения величины  $d$  (а не ее отклонения  $\Delta d$ ) является ее опорный уровень.

Существуют триангуляционные оптические измерители размеров, не содержащие следящей системы (рис. 6.8,  $\delta$ ). В них линза 1 предназначена для фокусировки лучей, отраженных от поверхности детали 2. Положение луча на отсчетном устройстве 3 (размер  $ob$ ) соответствует измеряемой величине  $d$  (катету  $cb$  треугольника  $bbc'$ ). С помощью линз 1 и 4 небольшие величины смещения преобразуются в значительно большие величины ( $ob''$ ), повышая таким образом точность измерения. Рассматриваемый измеритель имеет отсчетное устройство в виде фотодиодной матрицы. При наличии в матрице 512 фотодиодов погрешность измерения величины  $d$  составляет  $10^{-5}$  м. Очевидно, что для контроля размеров, изменяющихся в более широком диапазоне, диаметры линз оптического измерителя должны быть увеличены в связи с увеличением сторон треугольников.

Частным случаем триангуляционных измерителей можно считать координатные измерители. Устройства этого типа позволяют определять величину контролируемого размера как расстояние между двумя точками. Координаты этих точек на плоскости регистрируются с помощью двух взаимно перпендикулярных шкал прибора. Установка положения каждого из указателей координат точек осуществляется с помощью оптических элементов.

В измерителях теневого типа информацию о контролируемом размере получают на основе размеров тени, отбрасываемой деталью, располагающейся в луче лазера. Возможность создания строго параллельных лучей предопределяет принципиально высокую точность работы таких измерителей. Они применяются для определения размера неподвижного или перемещающегося изделия (например, ленты или проволоки).

Световой луч, испускаемый лазером 1 (см. рис. 6.8) расширяется в одной плоскости цилиндрическими линзами 2 и 3. Отношение фокусных расстояний этих линз равно отношению высоты светового потока на выходе линзы 3 к диаметру луча на входе линзы 2. Параллельность лучей на выходе линзы 3 позволяет получить очень четкую тень, отбрасываемую деталью 4 на решетку 5. Решетка представляет собой пластину из стекла с нанесенными на нее непрозрачными рисками. Очевидно, что измеряемый размер  $d$  может быть определен подсчетом рисок, захватываемых тенью от детали.

*Измерение степени шероховатости поверхности.* Разнообразные дефекты поверхности (царапины, раковины, бугорки и т. п.) отражают свет иначе, чем идеальные участки поверхности. Рассеянный дефектами свет можно регистрировать обычным фотоприемником. На практике очень трудно различить свет, рассеянный от дефекта, и свет, равномерно рассеянный во всех направлениях в результате общей шероховатости поверхности.

Один из способов решения этой проблемы заключается в освещении поверхности наклонным пучком света (рис. 6.8, а) и использовании пространственной фильтрации для подавления его зеркального отражения. Пространственный фильтр представляет собой диафрагму с непрозрачной центральной частью, которая пропускает лишь рассеянное излучение и подавляет центральный дифракционный максимум, обусловленный зеркальным отражением. На поверхности пластины алмазным резцом нанесены царапины шириной 10 мкм и длиной 5 мм, они направлены перпендикулярно плоскости падения светового пучка. Следует отметить, что интенсивность рассеянного света не очень сильно зависит от ориентации царапин. Экспериментальные результаты обследования поверхности пластины с шероховатостью обработки 0,2 мкм представлены на графике рис. 6.8, б. Приведенные данные относятся к углу падения  $88^\circ$ , который соответствует в данных условиях максимальной интенсивности рассеянного сигнала. С помощью этой си-

стемы можно четко различать сильно и слабо исцарапанные поверхности.

Модифицированная система измерений позволяет осуществлять контроль поверхности с целью определения места расположения дефекта. В данном случае пучок лазера сканируется при помощи зеркала вдоль прямой линии, проходящей по движущейся относительно пучка поверхности. Такую систему можно, например, использовать для обнаружения вкраплений металла на поверхности керамики.

### **7.1. Организация рабочего места слесаря-сборщика**

Рабочее место слесаря-сборщика. Организация слесарных и слесарно-сборочных работ включает подбор и расстановку рабочих в соответствии с их квалификацией и способностями, регламентирование их работы и отдыха, устройство и обслуживание рабочих мест.

Повышение производительности труда и качество сборочных работ во многом зависят от организации рабочего места слесаря-сборщика.

Рабочее место — это участок производственной площади цеха, закрепленный за одним рабочим или бригадой рабочих, оснащенный всем необходимым для выполнения слесарно-сборочных работ.

Правильная организация рабочего места заключается в оснащении его высокопроизводительным оборудованием, инструментами, приспособлениями, подъемно-транспортными средствами и различными вспомогательными устройствами. Планировка всех элементов рабочего места должна отвечать задачам создания безопасных условий труда, обеспечения чистоты и порядка на рабочем месте, бесперебойного его обслуживания.

Планировка и оснащение рабочего места слесаря-сборщика отличаются большим разнообразием и в значительной степени зависят от характера производства. Например, рабочее место слесаря-сборщика станкостроительного завода для узловой сборки фартука токарно-винторезного станка занимает небольшую площадь, оснащенную верстаком с приспособлениями, ящиками и стеллажами с деталями. Рабочее место бригады сборщиков токарно-винторезного станка занимает значи-

тельно бóльшую площадь, оборудованную стационарным сборочным стендом, несколькими верстаками, площадками и стеллажами для хранения и проверки деталей, и обслуживается одним-двумя тельферами, кран-балкой и мостовым краном.

Производительность труда слесаря-сборщика во многом зависит от правильного выбора инструментов и оборудования для оснащения его рабочего места. Слесари-сборщики имеют переносные ящики для инструмента и крепежных деталей, переносные электрические и пневматические отвертки, гайковерты, шлифовальные машины и т. д. Одной из важных задач повышения эффективности слесарно-сборочных работ является систематическое внедрение новейших, более производительных видов оборудования и слесарно-сборочных инструментов.

Рабочее место слесаря-сборщика кроме оборудования и оснастки имеет так называемую оргоснастку: тумбочки, этажерки, стеллажи, планшеты и пюпитры для технологической документации, столы, производственную тару. Рабочее место в ряде случаев оснащается сигнализацией для вызова мастера или обслуживающего персонала. Рациональная оснастка рабочих мест способствует не только повышению производительности труда, но и повышению культуры труда слесарей-сборщиков.

При организации рабочего места необходимо стремиться к тому, чтобы рабочий совершал движения с наименьшей утомляемостью. Движения рабочего при сборке условно можно разделить на пять групп:

1. Движения выполняются только пальцами.
2. Движения выполняются пальцами и кистью руки.
3. Движения выполняются всей рукой.
4. Движения выполняются всей рукой с наклоном плеча.
5. Движения выполняются одной или двумя руками с наклоном туловища.

Наиболее утомительными являются движения четвертой и пятой групп. Поэтому при организации рабочих мест необходимо создавать условия, позволяющие сводить до минимума такие движения или исключить их вообще. Все инструменты и сборочные единицы на рабочем месте слесаря-сборщика должны находиться в пределах зоны досягаемости его руки.

Слаженная, высокопроизводительная работа сборочного цеха или участка во многом зависит от рациональ-



ного размещения рабочих мест сборщиков. Рабочие места следует располагать по ходу технологического процесса сборки за исключением цехов единичного производства. Обычно производственная площадь сборочного цеха разбивается на ряд зон в зависимости от этапов сборки машины или изделия. Рабочие места в этих зонах располагаются в следующей последовательности: слесарная обработка и пригонка, узловая сборка, испытание сборочных единиц, общая сборка, регулирование и обкатка машины, окраска, консервация и упаковка машины (изделия). При расчлененной сборке сборочные единицы собираемых машин многократно передаются с одного рабочего места на другое. В этом случае важную роль в обслуживании рабочих мест играет внутрицеховой транспорт. Лучшей формой организации сборочных работ является конвейерная сборка, позволяющая снизить трудоемкость и повысить производительность слесарно-сборочных работ.

От обслуживания рабочих мест слесарей-сборщиков зависит производительность их труда и ритмичность работы. Обслуживание включает следующие мероприятия: бесперебойную подачу на рабочие места сборочных единиц, основных и вспомогательных материалов, инструментов; своевременное обеспечение технологической и контрольно-учетной документацией; организацию обслуживания сборочного цеха (участка), технический надзор за его эксплуатацией и ремонт. Оптимальная организация обслуживания рабочих мест слесарей-сборщиков исключает простои и хождения за деталями, инструментом, чертежом. В условиях всех видов производств обслуживание должно носить ритмичный характер. Форма обслуживания рабочих мест зависит от типа производства. Так, в единичном и мелкосерийном производстве слесари-сборщики сами обслуживают свои места, в условиях серийного и массового производства — вспомогательные рабочие.

Организация труда слесаря-сборщика в единичном производстве. В условиях единичного производства в зависимости от размеров и сложности собираемой машины сборка может вестись с расчленением или без расчленения сборочных работ. Сборка простых и небольших машин осуществляется без расчленения сборочных работ, а сложных — с их расчленением. При сборке с расчленением сборщики специализируются по видам собираемых машин и сборочных единиц. Так, например, при сборке турбин одни

специализируются на сборке рабочих колес, золотников, регуляторов и т. п., другие ведут общую сборку, монтаж и испытания турбин. Важным условием специализации слесарей-сборщиков является стандартизация, нормализация и унификация сборочных единиц и их конструктивных элементов. Эти мероприятия предусматривают приведение сборочных единиц различных машин к большей аналогии по конструкции, форме, размерам и техническим характеристикам.

В условиях единичного производства рабочие места слесарей-сборщиков не имеют между собой непосредственных связей. Сборка отдельных сборочных единиц здесь нередко значительно опережает общую сборку машины. При монтаже крупногабаритных, сложных машин используют бригадную форму организации труда. Внутри такой бригады распределение работ осуществляется в соответствии с квалификацией и навыками слесарей-сборщиков. Обслуживание рабочих мест в этих условиях заключается в доставке сборочных единиц на рабочее место и его уборке. Доставка инструмента, вызов транспортных средств и т. д. обеспечиваются силами бригады. При изготовлении крупногабаритного оборудования (прокатных станов, гидрогенераторов, шагающих экскаваторов и т. д.) полная сборка на заводе-изготовителе не производится. На предприятии собирают и испытывают отдельные узлы и основные сборочные единицы. Полная сборка осуществляется в процессе монтажа на месте эксплуатации оборудования.

Основными особенностями организации труда слесарей-сборщиков в условиях единичного производства являются: незначительное расчленение сборочных работ; бригадная форма организации труда; независимость (в большинстве случаев) рабочих мест друг от друга.

Главные задачи организации сборочных работ — организация и оснащение специализированных рабочих мест, нормализация и унификация сборочных единиц, а также типизация технологических процессов сборки.

Организация труда слесарей-сборщиков в серийном производстве. Организация труда слесарей-сборщиков в условиях крупносерийного производства по своему характеру близка к массовому производству, а в мелкосерийном — к условиям единичного производства.

Особенностью серийного производства является расчленение процесса сборки на узловую (сборку отдельных сборочных единиц) и общую сборку. В условиях се-

рийного производства одновременно собирают несколько одинаковых машин на нескольких рабочих местах. Сборку ведут несколько бригад слесарей-сборщиков, специализирующихся на выполнении определенного вида работ, что позволяет повысить производительность труда.

При выпуске крупных серий применяется подвижная сборка. В этом случае специализированные рабочие места располагаются вдоль линии сборки, а собираемая машина перемещается от одного рабочего места к другому. Расположение рабочих мест при подвижной сборке зависит от размеров собираемой машины и способа ее перемещения. Обычно собираемые изделия (агрегаты) располагают на конвейере, где и происходит сборка. При сборке небольших изделий рабочие места сборщиков размещают с одной стороны конвейера, при сборке крупных изделий — по обе стороны конвейера. Иногда сборку небольших изделий выполняют на неподвижных верстаках (стеллажах), расположенных по обе стороны ленточного конвейера, который используется как транспортное средство.

Основными особенностями организации рабочего места слесарей-сборщиков в условиях серийного производства являются: расчленение процесса сборки на ряд операций, число которых зависит от серийности; взаимосвязь большинства рабочих мест слесарей-сборщиков, обусловленная общим производственным ритмом. Главная задача организации сборочных работ — обеспечение поточной сборки с применением конвейеров.

**Организация труда слесарей-сборщиков в массовом производстве.** Массовое производство характеризуется постоянством закрепления за каждым рабочим местом одной сборочной операции изделия одной конструкции.

В сборочных цехах массового производства осуществляется сборка одной или нескольких однотипных машин, при этом используют высшую форму организации сборки — непрерывный поток, что обуславливает соответствующую форму организации рабочего места слесаря-сборщика.

На непрерывно-поточной линии (сборка автомобилей, тракторов и т. д.) процесс сборки изделия осуществляется непрерывно. Слесари-сборщики работают на закрепленных за ними рабочих местах и специализируются на выполнении ограниченного числа операций, синхронизированных по времени. Ритмичный характер

поточной сборки требует такого же ритмичного обеспечения рабочих мест сборочными единицами, материалами и т. д. С этой целью предусматривают высокомеханизированный (обычно конвейерный) транспорт, современные средства сигнализации, диспетчерскую службу, а также выполнение всех вспомогательных работ специализированным персоналом.

Основной особенностью организации рабочих мест слесарей-сборщиков в условиях массового производства является глубокое расчленение сборки и разделение труда при строго установленной продолжительности сборочных операций и тесной взаимосвязи рабочих мест.

Главная задача организации сборочных работ — бесперебойное обеспечение поточной и непрерывно-поточной конвейерной сборки.

## **7.2. Монтаж и испытание машин**

Монтаж машин включает установку машины в проектное положение, закрепление ее, присоединение к ней средств контроля и автоматизации, а также коммуникаций, обеспечивающих подачу сырья, воды, пара, сжатого воздуха, электроэнергии и т. д. Монтажные работы, как правило, выполняют специальные монтажные организации, а в отдельных случаях и сами заводы-поставщики. Монтаж машин и оборудования на каждом объекте должен быть согласован с выполнением общестроительных и специальных работ (сооружение фундаментов, оснований конструкций, эстакад и т. д.). Важнейшее условие повышения эффективности монтажных работ — комплексная механизация в сочетании с укрупненной сборкой оборудования.

Стационарные двигатели и тяжелые машины (прессы, станки, турбины, прокатные станы и т. п.) при монтаже на месте их постоянной эксплуатации устанавливают на фундаменты. Фундамент служит основанием опорной части машины или жестко связывается с ней.

Фундамент представляет собой бетонную, бутовую или кирпичную кладку, закладываемую в грунт, и предназначен для восприятия усилий, развиваемых машиной. Площадь фундамента, передающего усилие на грунт, определяется размерами опорной поверхности машины, а глубина его заложения зависит от качества грунта, величины и характера действующих сил и точности машины. Прочность фундамента характеризуется

качеством основания, которое, в свою очередь, зависит от свойств грунта. Грунт нередко укрепляют, создавая искусственное основание для фундамента. Простейшим видом укрепления грунта является песчаная постель: песок распределяют давлением в стороны под углом  $45^\circ$ , что увеличивает опорную поверхность. Грунт укрепляют также забивкой свай, которые уплотняют его.

Размер фундамента и его массу назначают в зависимости от размера и массы устанавливаемого оборудования. Так, для паровых машин масса фундамента должна быть в два — четыре раза больше массы машины.

Строительство фундамента начинают с монтажной разметки. Монтажную разметку ведут по рабочим чертежам при помощи шнура с отвесами, рулетки и других инструментов. После разметки выполняют земляные работы, устанавливают опалубку, производят бетонирование. При этом предусматривают колодцы для закладки фундаментных болтов, которыми машина крепится на фундаменте.

Рассмотрим организацию монтажа металлорежущих станков. Станки нормальной точности, имеющие жесткую станину и небольшую массу, обычно устанавливают непосредственно на бетонный пол цеха. В этом случае важно, чтобы нагрузка на единицу опорной площади станины не превышала допустимого давления на грунт. Крупногабаритные и тяжелые станки, а также станки с движущимися частями большой массы устанавливают на специальные фундаменты.

Станки могут быть установлены на фундаменте без закрепления или с закреплением специальными болтами. Фундамент под станок должен быть подготовлен за 7...10 дней до установки станка, чтобы бетон (раствор) достаточно окреп.

В связи с тем, что опорная поверхность фундамента практически не может быть выполнена строго горизонтально, станок устанавливают не на фундамент, а на подкладки. Подкладки представляют собой металлические полосы толщиной 3...10 мм или стальные одинарные или двойные клинья 1, 2 с уклоном  $4...5^\circ$  (рис. 7.1, а).

Монтаж крупных станков 3 в ряде случаев осуществляется с помощью башмаков (рис. 7.1, б) представляющих собой двойные клинья 4, регулируемые винтом 5. Расположение клиньев и их число указывают в чертеже на установку станка. Обычно клинья устанавливают через каждые 300...700 мм по длине станины, при этом

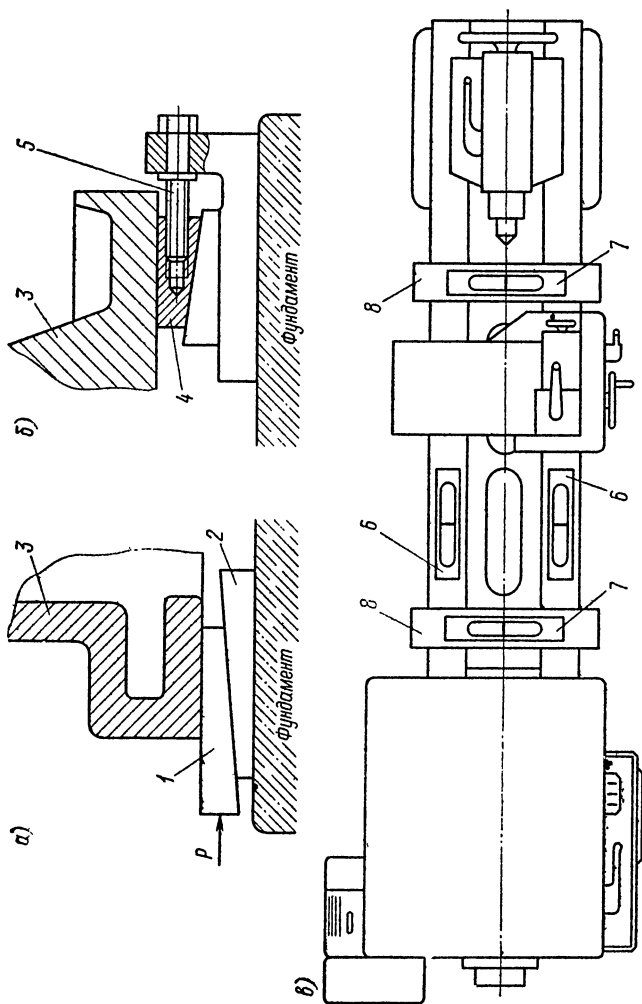


Рис. 7.1. Схема установки и выверки станка

ее подошва должна находиться примерно на одинаковом расстоянии от края фундамента.

Для проверки горизонтальности станины в продольном направлении уровни 6 устанавливают на передней и задней направляющих. Горизонтальность станины в поперечном направлении контролируют уровнями 7, установленными в двух местах на мостиках 8. Подбивая клинья в соответствующих местах, добиваются горизонтальности установки станка во всех направлениях с точностью, предусмотренной техническими условиями.

Крупногабаритные металлорежущие, кузнечно-прессовые станки и другое оборудование, поступающее в демонтированном состоянии, после монтажа проверяют по нормам точности согласно акту технических испытаний или по соответствующему стандарту. Если точность выверки станка по уровню в стандарте не указана, то определяемое отклонение по уровню не должно превышать 0,04 мм на длину 1000 мм. После выверки станка под подошву станины в опалубку подливают цементный раствор, толщина слоя которого обычно составляет 20...30 мм.

После установки, выверки и закрепления оборудования обычно производят его регулировку и испытания. Для крупных и сложных машин (гидротурбины, блуминги) испытания производятся на месте монтажа.

Испытание машин и узлов — заключительный этап технологического процесса изготовления (монтажа). Испытания машины с установлением необходимых характеристик позволяют судить о ее качестве, т. е. соответствии техническим требованиям.

По существу испытание готовой машины уже не относится к сборочному процессу. Целью проведения испытаний является не только контроль качества сборки, но и общая проверка качества и надежности, достигнутых в результате всего производственного процесса, включая и монтажные работы.

Испытания машин делят на приемочные, контрольные и специальные.

*Приемочные испытания* проводят с целью определения фактических эксплуатационных характеристик машины (мощности, затраты горючего и т. д.), а также для определения правильности работы механизмов и узлов (зубчатых передач, подшипников, уплотнений и т. д.), виброустойчивости и температурных деформаций. Выбор оценочных критериев, которые должны быть

выявлены в процессе испытаний, зависит от назначения машины, условий эксплуатации.

Показателями неудовлетворительной работы машины являются: нагрев подшипников, перерасход топлива, шум и стук в некоторых соединениях, быстрый износ отдельных трущихся деталей и т. д. Так, например, приемочные испытания металлорежущих станков в соответствии с общими техническими требованиями на их изготовление и приемку производят на холостом ходу с целью проверки работы механизмов. Производительность, точность и шероховатость обработки устанавливаются под нагрузкой, при этом допускаются кратковременные перегрузки на 25% от номинальной мощности. В процессе испытания проверяют все включения, переключения органов управления для определения правильности их действия, взаимной блокировки, надежности фиксации и отсутствия самопроизвольных смещений, заеданий, провертывания и т. д. Контролируют также безотказность действия и точность работы автоматических устройств, делительных механизмов, зажима и т. п.

*Контрольные испытания* проводят в тех случаях, когда при приемочных испытаниях были обнаружены неисправности. После устранения выявленных недостатков испытания повторяют.

*Специальные испытания* проводят при проверке новой конструкции машины, узла или детали; установлении пригодности новой марки материала для ответственных деталей; изучении какого-либо явления в машине (узле). Программу и режимы этих испытаний разрабатывают в зависимости от целей их проведения. Испытания проводятся на специальных стендах, оборудованных необходимыми приборами, нагрузочными тормозами, трубопроводами и т. д.

Испытания собранных машин, механизмов и сборочных единиц с целью определения правильности их работы делятся на два этапа: механические испытания (обкатка) и испытания под нагрузкой.

Механические испытания (обкатка) проводятся для проверки правильности взаимодействия движущихся узлов и обработки трущихся поверхностей деталей. Машины, механизмы (сборочные узлы) устанавливают на испытательные приспособления или стенды и приводят в движение электродвигателями. Частота вращения электродвигателя постоянно увеличивается до номинального значения. При этом контролируется состояние трущихся пар (подшипников, втулок, направляющих,



зубчатых зацеплений и т. п.). После обкатки машины или механизмы поступают на испытания под нагрузкой.

Испытания под нагрузкой проводятся в соответствии с техническими условиями. Машину или механизм испытывают под нагрузкой на том режиме и в тех условиях, в которых она будет эксплуатироваться. В процессе испытания расчетная мощность должна быть достигнута за тот период времени, который установлен техническими условиями.

При испытании измеряют частоту вращения, определяют развиваемую мощность, расход топлива или другого вида энергии, расход масла, давление масла в системе, температуру охлаждающей воды и т. д. При этом ведутся наблюдения за работой отдельных узлов машины. Все контролируемые параметры во время испытаний записываются в журнал. На основании их анализа дается заключение о качестве выпускаемой машины.

Выявленные во время испытаний дефекты по возможности устраняются непосредственно на стенде. При обнаружении сложных неисправностей машину передают на специальный ремонтный стенд. После устранения всех видов неисправностей производят повторные испытания.

Отрегулированная и проверенная машина сдается отделу технического контроля (ОТК), а затем поступает на последнюю операцию — внешнюю отделку и окраску.

### **7.3. Техника безопасности труда при слесарных и слесарно-сборочных работах**

*Основные требования.* Техника безопасности труда включает комплекс мероприятий организационно-технического характера, направленных на создание безопасных условий труда. Систематическое изучение рабочими безопасных методов работы является важным условием предупреждения несчастных случаев на производстве.

Знаниями по технике безопасности труда рабочий должен овладеть до того, как он приступит к работе. Инструктаж по технике безопасности труда подразделяется на пять видов: вводный инструктаж (предварительный); инструктаж на рабочем месте; повседневное наблюдение за приемами работы с текущим инструктажем; инструктаж при переводе с одной работы на другую; повторный, периодически проводимый инструктаж.

Все виды инструктажа дополняют друг друга и при правильной их организации обеспечивают усвоение всеми рабочими правил и методов безопасности работы.

Большое значение имеет наглядная пропаганда техники безопасности труда и промышленной санитарии: плакаты, предупредительные знаки, инструкции, беседы и консультации по охране труда. При обучении рабочих безопасным методам работы необходимо систематически проверять знания ими правил техники безопасности.

Безопасная работа слесаря-сборщика в первую очередь зависит от его рабочей одежды. Рабочая одежда должна быть специального покроя, с плотно прилегающими манжетами рукавов. Захват одежды различными подвижными частями механизмов чаще всего приводит к несчастным случаям на производстве. Наибольшую опасность в этом отношении представляют зубчатые, ременные, винтовые и другие передачи. Волосы слесаря-сборщика должны быть убраны под головной убор.

В сборочных цехах, где много транспортных средств, перемещающихся в различных направлениях, особенно внимательным надо быть к сигналам. Ходить в цехе можно только по специальным проходам.

Слесарь-сборщик работает совместно с рабочими других профессий, поэтому ему необходимо знать основные правила техники безопасности для рабочих этих профессий. При освоении новых инструментов слесарь-сборщик должен пройти соответствующий инструктаж по технике безопасности.

Свое рабочее место слесарь-сборщик обязан содержать в чистоте и порядке. Захламленность рабочего места может стать причиной несчастного случая. Слесарь-сборщик должен пользоваться исправными инструментами и приспособлениями, постоянно следить за их состоянием. При заточке режущего инструмента следует находиться справа или слева от вращающегося круга. Для защиты глаз от мелких частиц абразива заточку производят в защитных очках; заточка на весу категорически запрещается. При этом затачиваемый инструмент должен плотно прилегать к специальному подручнику. Губки тисков и других зажимных устройств, лапки съемников, гайки не должны иметь вмятин и забоин.

Кроме соблюдения техники безопасности, важным условием высокопроизводительной работы является соблюдение правил личной гигиены и промышленной санитарии.

При подъеме и переноске деталей при сборке подро-

стки от 16 до 18 лет могут поднимать предметы массой до 16 кг — юноши и до 10 кг — девушки.

Производственные помещения должны быть просторными, сухими, светлыми с температурой воздуха 291...293 К (18...20 °С), а состояние рабочих мест должно соответствовать санитарным нормам.

*Техника безопасности при работе с кислотами и другими вредными веществами.* При выполнении некоторых операций (паяние, лужение) слесарь-сборщик пользуется различными кислотами и другими вредными веществами. Обращение с ними требует строгого соблюдения правил техники безопасности.

Кислоты хранят в небольших количествах в разведенном состоянии и в специально оборудованном помещении. Выдавать огне- и взрывоопасные и вредные для здоровья материалы и вещества, наполнять ими сосуды, приборы и т. д. можно только в специально отведенных местах, оборудованных средствами защиты. При попадании кислоты на кожный покров или в глаза следует немедленно промыть пораженные участки обильной струей воды (в течение 15...20 мин) и обратиться в медпункт.

Концентрированные кислоты при соприкосновении с воздухом выделяют ядовитые испарения. Наиболее ядовитые пары (мышьяковистый водород, окись азота и др.) выделяются при погружении обработанных лужением или паянием металлов в кислоты. Эти операции необходимо производить в специально отведенных помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией.

При выполнении работ, связанных с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), в состав которых входят различные масла, керосин, щелочи, скипидар, необходимо избегать попадания этих жидкостей на кожу. Поэтому станки должны быть оборудованы специальными защитными экранами. Для защиты кожи рук от разъедающих жидкостей, растворителей и масел их смазывают мазями на жировой основе до и после работы.

Особое внимание необходимо уделять борьбе с производственной пылью, являющейся одной из причин профессиональных заболеваний. Пыль состоит из минеральных и металлических частиц. Она образуется при затачивании инструмента, сухом шлифовании, зачистке заготовок деталей металлическими щетками и т. д. Специальная местная пылеулавливающая вентиляция, об-

работка материала с увлажнением позволяют избежать отрицательного воздействия пыли на организм человека.

*Техника безопасности при работе с инструментом электрического действия.* При выполнении слесарно-сборочных операций часто пользуются различными инструментами электрического действия. Работа с ними требует соблюдения правил техники безопасности. Корпуса электроинструментов и оборудования с целью защиты от поражения электрическим током должны быть заземлены. Электроинструменты включают в электрическую сеть при помощи специального шлангового кабеля, имеющего отдельное заземление. Присоединение кабеля к сети осуществляют только через штепсельную розетку, которая должна иметь гнездо для заземления.

Индивидуальными средствами защиты при работе с электроинструментом являются: резиновые перчатки, калоши, изолирующие коврики, подставки. Перед началом работы необходимо проверить электроинструмент на соответствие его напряжению в сети, исправность ограждающих и защитных устройств, заземления и зануления, а также надежность закрепления инструмента в патроне (сверло, зубило, шлифовальный круг и т. д.). Двигатель инструмента отключают при всех перерывах в работе, а также при переносе его с одного места на другое. Кабель электропитания не должен запутываться или попадать под какие-либо предметы. Переносные осветительные приборы питаются от напряжения 36 В.

*Техника безопасности при работе с инструментами пневматического действия.* В сборочных цехах широко используется инструмент, привод которого осуществляется сжатым воздухом давлением 0,4...0,8 МПа (4...8 кг/см<sup>2</sup>). Струя сжатого воздуха при таком давлении представляет большую опасность. При случайном попадании струи сжатого воздуха в ухо, рот или нос может произойти разрыв внутренних органов. Пневматический инструмент подсоединяют к шлангам только при отсутствии подачи воздуха, при этом вентиль должен быть закрыт. Категорически запрещается зажимать шланг с целью прекращения подачи воздуха, а также сдувать потоком воздуха металлическую пыль и стружку.

*Противопожарные мероприятия.* Одним из условий безопасности работы является соблюдение правил пожарной безопасности. Основная причина пожаров в производственных помещениях — халатное отношение к хранению воспламеняющихся производственных отхо-

дов (масляных тряпок, пакли, бумаги), неосторожное обращение с открытым пламенем при выполнении различных технологических операций (сварке, газовой резке и т. д.), неисправность электропроводки и электрооборудования вследствие нарушения теплового режима работы сушильных камер.

На рабочих местах нельзя иметь излишних запасов горюче-смазочных материалов. Все воспламеняющиеся материалы необходимо хранить в отдельной металлической таре с крышкой в специальных помещениях. Курить следует только в специально отведенных для этого местах. После работы необходимо проверять состояние электрорубильников и осветительных приборов (за исключением дежурных электроламп).

Слесари-сборщики и другие рабочие при пожаре должны действовать в соответствии с инструкцией. Например, горящие нефтепродукты лучше тушить, накрыв их брезентом, засыпав песком и т. д. Горящее электрооборудование необходимо засыпать песком или заливать токонепроводящими жидкостями, например четыреххлористым углеродом. Пользоваться водой или ее растворами категорически запрещается.

*Правила личной гигиены* включают следующие меры предосторожности: 1) не мыть руки в масле, эмульсии, керосине, СОЖ, других технических жидкостях; 2) не принимать пищу на рабочем месте; 3) не хранить личную одежду на рабочем месте; 4) по окончании работ со свинцом, баббитом и подобными веществами, особенно перед едой, необходимо тщательно вымыть руки и прополоскать рот; 5) после смены принять душ или вымыть лицо и руки теплой водой с мылом.

## ЛИТЕРАТУРА

---

- Афанасьев В. А.* и др. Применение лазеров. М.: Мир, 1974.
- Горельшев И. Г., Кропивницкий Н. Н.* Слесарно-сборочные работы. Л.: Машиностроение, 1982.
- Кабаков М. Г., Стесин С. П.* Технология производства гидроприводов. М.: Машиностроение, 1974.
- Козырев Ю. Г.* Промышленные роботы. М.: Машиностроение, 1983.
- Корсаков В. С., Новиков М. П.* Справочник по механизации и автоматизации сборочных работ. М.: Машиностроение, 1961.
- Корсаков В. С.* Технологические основы проектирования средств механизации и автоматизации сборочных работ в приборостроении. М.: Машиностроение, 1971.
- Кузнецов М. М., Шашкин А. С.* Эксплуатация и наладка гидросистем металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1965.
- Лебедовский М. С., Федотов А. И.* Автоматизация в промышленности. Л.: Лениздат, 1976.
- Научные основы автоматизации сборки машин.* /Под ред. М. П. Новикова. М.: Машиностроение, 1976.
- Нефедов Н. А.* Практическое обучение в машиностроительных техникумах. М.: Высшая школа, 1984.
- Новицкий М.* Лазеры в электронной технологии и обработке материалов. М.: Машиностроение, 1981.
- Новиков М. П.* Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980.
- Пронин Б. А., Ревков Г. А.* Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи. М.: Машиностроение, 1967.
- Реди Дж.* Промышленные применения лазеров. М.: Мир, 1981.
- Сапожников В. М.* Монтаж и испытание гидравлических и пневматических систем летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1979.
- Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник, В 2-х т. М.: Машиностроение, 1983.
- Серебrenицкий П. П.* Краткий справочник станочника. Л.: Лениздат, 1982.
- Степанов Б. М.* Лазеры сегодня, Минск, Вышэйшая школа, 1977.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Введение . . . . .	3
Глава 1. Общие вопросы сборки . . . . .	5
1.1. Изделия машиностроения и их составные части . . . . .	5
1.2. Классификация соединенных деталей . . . . .	8
1.3. Точность сборочных соединений . . . . .	10
1.4. Подготовка деталей к сборке . . . . .	15
Глава 2. Основные виды слесарных работ . . . . .	19
2.1. Разметка . . . . .	19
2.2. Правка, гибка, рубка и резка металла . . . . .	28
2.3. Опилывание и зачистка . . . . .	42
2.4. Шабрение . . . . .	53
2.5. Притирка, доводка, полирование . . . . .	60
2.6. Торцевание, шарошение . . . . .	65
2.7. Обработка отверстий . . . . .	66
2.8. Нарезание резьбы метчиками и плашками . . . . .	72
Глава 3. Сборка неподвижных разъемных и неподвижных неразъемных соединений . . . . .	78
3.1. Сборка резьбовых соединений . . . . .	78
3.2. Сборка шпоночных и шлицевых соединений . . . . .	86
3.3. Сборка неподвижных конических соединений . . . . .	88
3.4. Сборка неподвижных неразъемных соединений . . . . .	89
3.5. Сварка, пайка, склеивание при сборке . . . . .	94
3.6. Сборка заклепочных соединений . . . . .	110
Глава 4. Сборка механизмов вращательного и поступательного, движения . . . . .	116
4.1. Сборка подшипников скольжения . . . . .	116
4.2. Сборка подшипников качения . . . . .	127
4.3. Сборка зубчатых передач . . . . .	134
4.4. Сборка ременных, цепных и фрикционных передач . . . . .	150
4.5. Сборка механизмов поступательного и преобразовательного движения . . . . .	160
Глава 5. Сборка гидравлических и пневматических приводов . . . . .	177
5.1. Сборка и разборка трубопроводных систем . . . . .	177
5.2. Сборка гидронасосов и моторов низкого и высокого давления . . . . .	187
5.3. Сборка контрольно-регулирующей аппаратуры . . . . .	200

5.4. Методы проверки и испытания гидравлических и пневматических систем и приводов . . . . .	205
<b>Глава 6. Интенсификация слесарно-сборочных работ . . .</b>	<b>212</b>
6.1. Автоматизация сборки . . . . .	212
6.2. Технологичность конструкции при автоматической сборке	216
6.3. Разработка технологических процессов автоматической сборки . . . . .	218
6.4. Применение систем адаптивного управления при автоматизации сборки . . . . .	220
6.5. Специальные методы автоматической сборки . . . . .	223
6.6. Механизация и автоматизация сборочных работ . . . . .	226
6.7. Автоматизация сборочных операций с использованием промышленных роботов . . . . .	230
6.8. Контроль и измерения при помощи лазеров . . . . .	235
<b>Глава 7. Организация слесарных и слесарно-сборочных работ . . . . .</b>	<b>253</b>
7.1. Организация рабочего места слесаря-сборщика . . . . .	253
7.2. Монтаж и испытание машин . . . . .	258
7.3. Техника безопасности труда при слесарных и слесарно-сборочных работах . . . . .	263
<b>Литература . . . . .</b>	<b>268</b>



ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КРЫЛОВ

**СЛЕСАРНЫЕ  
И СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ  
РАБОТЫ**

---

Заведующий редакцией В. А. Кипрушев  
Редактор В. Н. Соколов  
Младший редактор Л. М. Позина  
Художник В. И. Коломейцев  
Художественный редактор В. А. Баканов  
Технические редакторы М. А. Хомич, И. В. Буздалева  
Корректор Н. Р. Качалова

ИБ № 4059

Сдано в набор 24.03.87. Подписано к печати 03.07.87. М-35715. Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Бумага тип. № 3. Гарн. литерат. Печать высокая. Усл. печ. л. 14,28. Усл. кр.-отт. 14,70. Уч.-изд. л. 13,86. Тираж 100 000 экз. Заказ № 114. Цена 80 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени Лениздат, 191023 Ленинград, Фонтанка, 59. Ордена Трудового Красного Знамени типография им. Володарского Лениздата, 191023, Ленинград, Фонтанка, 57.

**Крылов Ю. В.**  
**К85** Слесарные и слесарно-сборочные работы.— Л.: Лениздат, 1987.— 270 с., ил. (Для молодых рабочих).

В книге доступно изложена технология основных слесарных и слесарно-сборочных работ с учетом новой стандартной терминологии и обозначений. Впервые рассмотрены такие важные для практики вопросы, как использование в слесарно-сборочных операциях лазерной техники, устройств электронно-вычислительной техники.

Автор — кандидат технических наук, доцент ЛМИ.

**К**  $\frac{2704090000-186}{M171(03)-87}$  147.—87

**34.68**



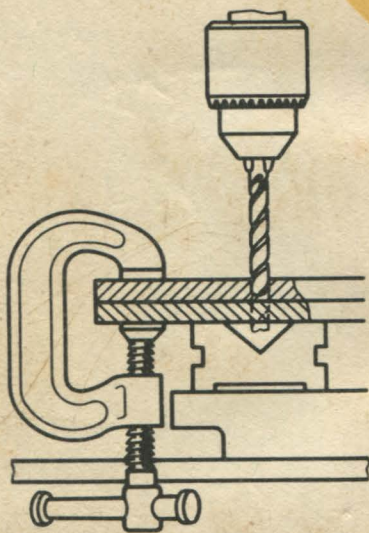
80 коп.

**ДЛЯ  
МОЛОДЫХ  
РАБОЧИХ**

КНИГИ СЕРИИ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ ДЛЯ РАБОЧИХ  
РАЗЛИЧНЫХ ПРОФЕССИЙ И НАПИСАНЫ ПО  
ПРОГРАММАМ СООТВЕТСТВУЮЩИХ КУРСОВ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ.  
ОНИ СОДЕРЖАТ ТАКЖЕ ОПИСАНИЕ КОНКРЕТНО-  
ГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОПЫТА ПЕРЕДОВЫХ  
РАБОЧИХ ЛЕНИНГРАДСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Ю. В. КРЫЛОВ

ЛЕНИЗДАТ  
1987



СЛЕСАРНЫЕ И СЛЕСАРНО-  
СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ