

**Министерство сельского хозяйства РФ
Новозыбковский филиал
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграр-
ный университет»**

Корнеенко Д.Н.



**Выполнение работ
по одной или нескольким профессиям
рабочих, должностям служащих.
«Слесарь по ремонту сельскохозяйственных
машин и оборудования»**

Учебное пособие

Брянск 2015

УДК 631.3.004.67 (07)

ББК 40.72

К 67

Корнеенко Д.Н. ПМ.05. Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих. МДК 05.01.Слесарь по ремонту сельскохозяйственных машин и оборудования: учебное пособие / Сост. Д.Н. Корнеенко. - Брянск: Брянского ГАУ, 2015. – 136 с.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой по дисциплине ПМ.05. выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих МДК 05.01.Слесарь по ремонту сельскохозяйственных машин и оборудования. Помимо теоретического материала в нем содержатся список литературы для подготовки к занятиям.

Печатается по решению методического совета
Новозыбковского филиала Брянского ГАУ

© Корнеенко Д.Н., 2015

© Брянский ГАУ, 2015

Оглавление

Тема 1. Общие положения.	4
Тема 2. Материалы.....	7
Тема 3. «Механическая обработка металлов».....	17
Тема 4. «Технические измерения».	20
Тема 5. «Технологичность»	40
Тема 6. «Резьбовые соединения».....	77

Тема 1. Общие положения

Характеристика работ выполняемых слесарем по ремонту сельскохозяйственных машин и оборудования

Ремонт, сборка и регулировка узлов и агрегатов средней сложности сельскохозяйственных машин, комбайнов и тракторов с заменой отдельных частей и деталей. Сборка простых и средней сложности сельскохозяйственных машин, комбайнов и тракторов на колесном ходу и сдача в соответствии с техническими условиями. Ремонт, техническое обслуживание, наладка и регулировка простых машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов. Разборка агрегатов электрооборудования и приборов. Слесарная обработка и подгонка узлов и деталей по 11 - 12 квалитетам. Соединение и пайка проводов, изготовление их и замена поврежденных участков. Участие в ремонте сложных машин под руководством слесаря более высокой квалификации.

Должен знать: устройство обслуживаемых сельскохозяйственных машин, оборудования, комбайнов и тракторов; назначение и взаимодействие их основных узлов и деталей; технологическую последовательность разборки, ремонта и сборки машин и оборудования; методы выявления и способы устранения дефектов в работе машин и отдельных агрегатов; технические условия на испытание, регулировку и приемку узлов и механизмов после ремонта; основные свойства обрабатываемых материалов; устройство универсальных, сложных приспособлений и контрольно-измерительных инструментов; систему допусков и посадок; квалитеты и параметры шероховатости; электротехнические материалы и правила сращивания, спайки и изоляции проводов.

Примеры работ

1. Аппараты высевающие сеялок - установка и регулировка.
2. Аппараты доильные - ремонт и регулировка.
3. Барабаны молотильные и режущие комбайнов - ремонт и установка.
4. Битеры приемные и отбойные, вентиляторы зерноуборочных комбайнов - снятие, ремонт и установка.
5. Ботвоудалители картофелеуборочных комбайнов - ремонт и установка.
6. Бункера хранения со шнеком - регулировка работы датчика уровня горна.
7. Валы карданные, вариаторы, муфты - ремонт, установка и регулировка.
8. Вентиляторы, насосы водяные и масляные, фильтры двигателей - ремонт и сборка.
9. Двигатели, коробки передач, мосты задние - разборка.
10. Замки зажигания - ремонт, сборка, регулировка.
11. Камеры наклонные зерноуборочных комбайнов - ремонт и установка.
12. Клапаны - притирка.
13. Колеса ведущие и ведомые, гусеницы и цепи, ролики поддерживающие и опорные, тяги рулевые, колодки тормозные и ленты - ремонт и сборка.
14. Мосты передние, бортовые передачи, механизмы подъема и отвала, рейки выноса отвала, балансиры, тормоза - ремонт, сборка и установка.
15. Редукторы картофелеуборочных комбайнов - ремонт и установка.
16. Сепараторы молочные - ремонт и регулировка.
17. Сошники дисковые сеялок - ремонт и установка.

18. Транспортёры и грохоты комбайнов - ремонт и установка.

19. Трубопроводы - ремонт и устранение неисправностей.

20. Управление рулевое - замена, установка.

Тема 2. Материалы

1. Общие сведения о металлах

Наука о металлах позволила создать современные материалы, которые дали возможность построить самые совершенные машины, освоить космическое пространство и т. д.

В машиностроении чистые металлы почти не применяют, а используют их сплавы. Металлы и сплавы подразделяют на черные (железо и сплавы железо — углерод) и цветные (медь, алюминий, цинк, свинец, олово и др.).

При внимательном рассмотрении таблицы Менделеева можно заметить, что три четверти ее химических элементов, из которых состоят все вещества в природе, составляют металлы. А вот таких хорошо известных металлов, как чугун и сталь, бронза и латунь, в таблице Менделеева нет. Вам известно из школьного курса, что они представляют собой металлические сплавы. Основные элементы чугуна и стали — железо и углерод.

Сплавы применяются в машиностроении также потому, что чистые металлы получить значительно труднее, кроме того, сплавы обладают более лучшими специальными качествами, чем чистые металлы. Известно, что сталь прочнее железа, латунь и бронза прочнее меди, а алюминиевые сплавы прочнее чистого алюминия. Большинство металлов и сплавов обладают способностью, не разрушаясь, изменять свою форму под воздействием внешних сил, т. е. пластичны.

Металлов — десятки, сплавов — десятки тысяч. Каждый год, каждый месяц создаются все новые и новые сплавы, а многие старые сплавы постепенно перестают применяться, заменяются новыми.

2. Классификация металлов

Чтобы разобраться в этом огромном количестве сплавов, их прежде всего нужно **классифицировать**. Единой классификации металлов и сплавов нет, потому что классифицировать их можно по разным признакам.

Наиболее проста и очевидна классификация по основному компоненту:

1. железо и сплавы железа и углерода (стали и чугуны);
2. медь и медные сплавы (бронзы и латуни);
3. никель и никелевые сплавы;
4. алюминий и алюминиевые сплавы (силумины и дуралюмины);
5. магний и магниевые сплавы;
6. титан и титановые сплавы;
7. цинк и цинковые сплавы;
8. олово и оловянные сплавы;
9. свинец и свинцовые сплавы.

Таких групп может быть столько, сколько существует простых металлов. Железо и железобуглеродистые сплавы (стали и чугуны) часто называют **черными металлами**, отрасль металлургии, которая занимается получением чугуна и стали, называют *черной металлургией*. К черным металлам относят также хром и марганец, поскольку эти металлы чаще всего и к тому же в огромных количествах применяются в черной металлургии в качестве добавок к сталям и чугунам: хром — в качестве реагирующего элемента, а марганец — в качестве легирующего и раскислителя.

Все остальные металлы и их сплавы относятся к цветным металлам, отрасль металлургии, занимающаяся их получением, называется цветной металлургией.

Металлы и сплавы можно классифицировать по назначению: конструкционные металлы и сплавы; инструментальные сплавы.

Из конструкционных металлов и сплавов изготавливают детали машин, механизмов и приборов: станины, валы, пружины, шестерни, шатуны, рычаги, храповики, сердечники трансформаторов, обмотки электрических машин и многие другие детали. Иногда конструктивные металлы и сплавы называют также машиностроительными.

Из инструментальных сплавов изготавливают различные инструменты: резцы, фрезы, метчики, сверла, молотки, а также штампы и измерительные инструменты (калибры и скобы).

*Металлы и сплавы можно классифицировать по технологии получения заготовок: 1. простые металлы и сплавы более пригодны дляковки и прокатки. Такие металлы и сплавы называются **деформируемыми**. Основное технологическое свойство деформируемых сплавов — высокая **пластичность**. Из числа деформируемых сплавов можно назвать стали, латуни, некоторые бронзы, дуралюмины. 2. Другие сплавы более пригодны для изготовления из них фасонных отливок. Это — **литейные сплавы**. Основное технологическое свойство литейных сплавов — высокие литейные свойства: высокая жидкотекучесть, небольшая линейная и объемная усадка. Типично литейные сплавы: чугуны, силумины, оловянная бронза. Есть много сплавов, которые одновременно относятся к деформируемым и литейным. Таковы многие латуни, бронзы и некоторые стали.*

*Каждый сплав состоит из нескольких элементов. Все элементы, находящиеся в сплаве, можно разделить на нужные и ненужные. Нужные элементы — это те, которые непременно должны быть в сплаве и без которых сплав не имеет необходимых свойств. Такие элементы принято называть **компонентами**. Остальные или ненужные элементы называют **примесями**. Компоненты целенаправленно вводят в сплав, а примеси в большинстве*

случаев попадают как крайне нежелательные элементы, являясь неизбежными спутниками исходных шихтовых (смесь сырых материалов) металлов, топлива, кирпичной футеровки (внутренняя защитная облицовка) металлургических печей и т. д.

3. Механические свойства металлов

Механические свойства металлов и сплавов характеризуют возможность их практического использования в конкретной конструкции.

Деформация — изменение размеров и формы металла под воздействием сил. Деформации бывают упругие и пластические. Упругая деформация, которая исчезает после устранения силы, вызвавшей ее. Пластическая — отличается тем, что она сохраняется после устранения силы вызвавшей ее.

Напряжение — нормальная сила, отнесенная к единице площади поперечного сечения изделия, МПа (кгс/мм^2).

Прочность материала — сопротивляемость его пластической деформации и разрушению.

Предел прочности при растяжении — максимальное напряжение, которое выдерживает образец при испытаниях на разрыв.

Предел текучести — наименьшее напряжение, при котором растягиваемый образец деформируется без заметного увеличения нагрузки. Предел текучести обычно составляет 40...85% от предела прочности на разрыв и чаще, чем последний используется при расчетах изделий на прочность.

Предел прочности при изгибе — максимальное напряжение, определяемое изгибом на прессе образца.

Пластичность — способность материала пластически деформироваться без разрушения.

Ударная вязкость — способность материалов выдерживать ударные нагрузки без разрушения.

Твердость — способность материалов сопротивляться вдавливанию в них твердых тел. Твердость по Бринеллю НВ определяют вдавливанием стального закаленного шарика диаметром 2,5... 10 мм под нагрузкой 187,5...3000 кг на приборе, где цифрами обозначены: 1 — испытуемый образец, 2 — шпindel, 3 — шариковый наконечник, 4 — стол для установки образца, 5 — маховик для поднятия стола, 6 — привод, 7 — пусковая кнопка и 8 — съемные грузы (рис. 1). Твердость по Роквеллу НС определяют вдавливанием алмазного конуса в испытуемый материал под нагрузкой в 150 кг на приборе, где 1 — испытуемый образец, 2 — индикатор, показывающий число твердости, 3 — наконечник с алмазным конусом, 4 — стол для установки образца, 5 — маховик для поднятия стола, 6 — клавиша включения привода механизма нагрузки и 7 — груз (рис. 2).

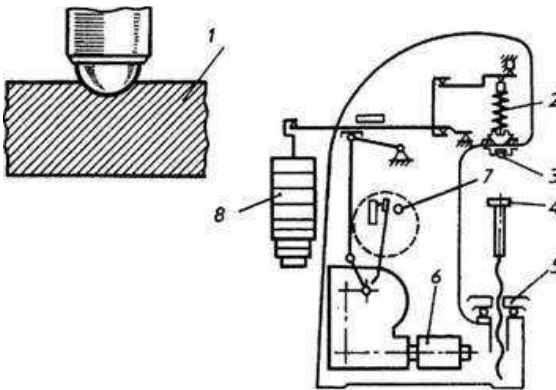


Рис. 1.

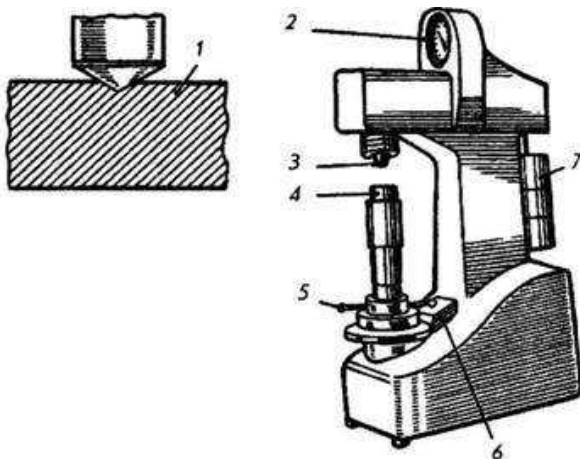


Рис. 2.

***Износостойкость** — способность материалов сопротивляться разрушению под воздействием внешнего трения.*

4. Неметаллические материалы применяемые в современном машиностроении

Большое значение в современном машиностроении имеют и неметаллические конструкционные материалы. Так, синтетические материалы широко используются в строительстве, электротехнике, машино- и приборостроении, в том числе автомобиле- и самолетостроении.

Нельзя сказать, что развитие промышленности синтетических материалов уже закончилось. За ними будущее, так как природа таит в себе колоссальные запасы сырья для их производства. Любопытно отметить, что за истекшие 30 лет производство синтетических материалов в мировом масштабе выросло более чем в 80 раз и в настоящее время превышает объем производства всех известных металлов.

В современном машиностроении широко применяют неметаллические конструкционные материалы. Все они имеют некристаллическую структуру, довольно прочны, плохо передают тепло, относительно легки по весу, хорошо обрабатываются и дешевле металлов и сплавов. Кратко рассмотрим некоторые из них.

Пресс-материал АГ-4 применяют для изготовления прессованием различных деталей и электроизоляции. Материал выпускают по ГОСТ 20437-89Е марок В, ВЮ, С (стеклолента) и НС. При необходимости указывают цвет.

Пример. Обозначение АГ-4В ГОСТ 20437-89Е.

Стекло органическое конструкционное выпускают по ГОСТ 15809-70Е с толщиной от 0,8 до 24 мм.

Пример. Обозначение СОЛ 3х400х500 ГОСТ 15809-70, где: СОЛ — стекло органическое листовое, толщиной — 3, шириной — 400 и длиной — 500 мм.

Текстолит конструкционный выпускают по ГОСТ 5-78Е, электротехнический — по ГОСТ 2910-74Е.

Пример. Обозначение ПТК-20 сорт 1 ГОСТ 5-78Е, где: ПТК — марка (используемая, в частности, для изготовления бесшумных шестерен), 20 — диаметр стержня.

Текстолит А-10,0 ГОСТ 2910-74Е, где: А — марка, 10,0 — толщина листа, мм.

Гетинакс применяют для изготовления втулок подшипников, маховичков, трубок и т. д. По ГОСТ 2718-74Е выпускает семь марок, используемых в зависимости от влажности, температуры и других условий среды.

Пример. Обозначение Г12,0 ГОСТ 2718-74, где: 12,0 — толщина листа, мм.

Паронит — прокладки из него выпускают по ГОСТ 481-80 семи марок: ПОН (общего назначения, для прокладок между неподвижными металлическими деталями); ПМБ (маслобензостойкий) и др. Пример. Обозначение ПО-

НО,8х300х400 ГОСТ 481-80, где: 0,8 — толщина, 300 — ширина и 400 — длина листа, мм. Фторопласт (лучший диэлектрик из всех известных природных или синтетических веществ) используют для изготовления прокладок, шлангов, манжет, вкладышей подшипников и других изделий.

Выпускают по ГОСТ 10007-80Е марок: С — для специзделий, П — для электроизоляции, О — общего назначения, Т — для толстостенных изделий и трубопроводов. Цифра, стоящая перед обозначением марки, указывает модификацию фторопласта.

Пример. Обозначение 4П ГОСТ 10007-80Е.

Пластины резиновые(І) и резинотканевые(ІІ) выпускают по ГОСТ 7338-77 для вырезки из них прокладок для уплотнения неподвижных соединений марок МС (маслостойкая), МБС (масло- и бензо- стойкая) и др.

Пример. Обозначение І лист МС-МЗх200х250 ГОСТ 7338-77, где: М — мягкая, 3х200х250 — размеры, мм.

Войлок технический — детали из него для машиностроения выпускают по ГОСТ 288-72. Марки Т — тонкошерстный; по ГОСТ 6418-81 и по ГОСТ 6308-71 выпускают марок А и Б — грубошерстной и полугрубошерстной, различимые по степени уплотнения. Пример. Обозначение ТС7 ГОСТ 288-72, где: С — сальниковый, 7 — толщина, мм. Обозначение — кольцо СТ75-50-7 ГОСТ 288-72, где: номер стандарта указывает, что кольцо войлочное, буквы СТ — соответственно его характеристику, числа означают размеры кольца, мм. Картон прокладочный выпускают, по ГОСТ 9347-74 двух марок в листах и рулонах толщиной от 0,8 мм и выше: А — пропитанный, Б — непропитанный.

Картон обивочный водостойкий выпускают по ГОСТ 6659-83 двух марок: А и Б, отличающиеся между собой величиной предела прочности при растяжении, водопоглощаемостью и линейной деформацией после выдержки в воде.

Картон гофрированный выпускают по ГОСТ 7376-89 двух марок: А и Б с разницей между ними в величине гофра.

В обозначении картона указывают его полное наименование, марку и размеры, затем номер стандарта.

Ткань асбестовая изготавливается по ГОСТ 6102-78Е четырех марок: АТ-4, АТ-7 и АТ-11 применяют в качестве теплоизоляционного и прокладочного материала, а марки АТ-9 — только в качестве теплоизоляционного материала.

Пример. Обозначение АТ-4 ГОСТ 6102-78Е.

Современная наука имеет возможность создавать материалы с заданными свойствами. Если в 1900 г. в распоряжении конструкторов паровоза имелось всего 10 марок стали и цветных металлов, то для постройки современного автомобиля используется около 100, а для создания самолета — до 300 различных марок стали и сплавов. На рис. 3 изображен современный тракторный двигатель, где цифрами обозначены: 1 — блок-картер (серый чугун); 2 — пружина клапана (пружинная сталь); 3 — всасывающий клапан (хромоникелиевая сталь); 4 — стержень клапана (жаропрочная сталь); 5 — поршневой палец (углеродистая сталь); 6 — гильза блока (легированный чугун); 7 — поршневые кольца (аустенитный — износостойчивый — серый чугун); 8 — поршень (алюминиевый сплав); 9 — упорное кольцо (бронза); 10 — коленчатый вал (углеродистая сталь с повышенным содержанием марганца); 11 — вкладыш (высокоалюминиевый баббит); 12 — зубчатый венец маховика (углеродистая сталь с повышенным содержанием марганца); 13 — детали топливного насоса (серый чугун, сталь, бронза, алюминий). В скобках здесь указаны металлы, из которых изготовлены отдельные части двигателя трактора.

Однако перечисленных металлов совершенно недостаточно, чтобы составить общее представление о всех ма-

териалах, используемый при создании различных машин и аппаратов.

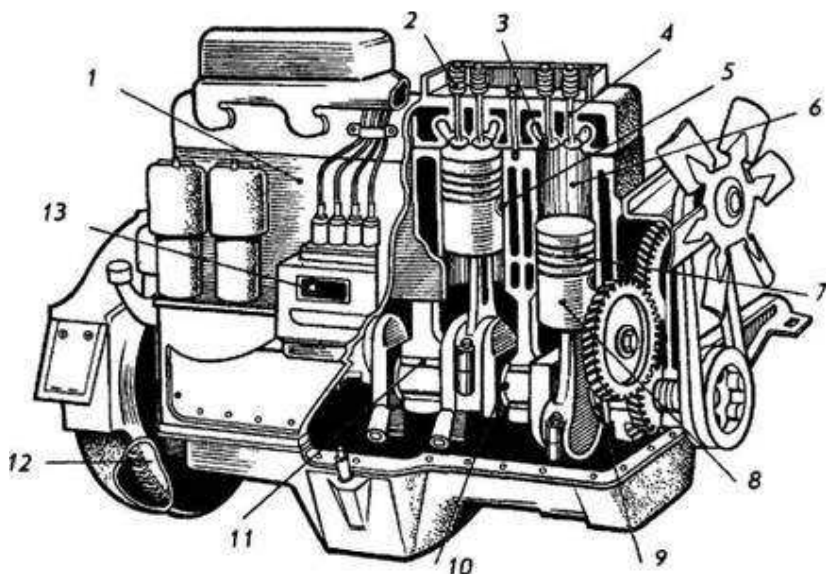


Рис. 3

Безусловно, будущее принадлежит полимерам, которые уже теперь вытесняют в быту и технике другие природные материалы. По многим показателям синтетические материалы оказались серьезнейшими соперниками металлов, дерева, бетона и стекла.

Тема 3. «Механическая обработка металлов»

1. Обработка металлов резанием

Большинство деталей машин изготавливается путем обработки резанием. Заготовками таких деталей служат прокат, отливки, поковки, штамповки и др.

Процесс обработки деталей резанием основан на образовании новых поверхностей путем деформирования и последующего отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки. Та часть металла, которая снимается при обработке, называется припуском. Или, говоря иначе, припуск — это избыточный (сверх чертежного размера) слой заготовки, оставляемый для снятия режущим инструментом при операциях обработки резанием.

После снятия припуска на металлорежущих станках обрабатываемая деталь приобретает форму и размеры, соответствующие рабочему чертежу детали. Для уменьшения трудоемкости и себестоимости изготовления детали, а также ради экономии металла, размер припуска должен быть минимальным, но в то же время достаточным для получения хорошего качества детали и с необходимой шероховатостью поверхности.

В современном машиностроении имеется тенденция снижать объем обработки металлов резанием за счет повышения точности исходных заготовок.

2. Виды механической обработки

Основные методы обработки металлов резанием. В зависимости от характера выполняемых работ и вида режущего инструмента различают следующие методы обработки металлов резанием: точение, фрезерование,

сверление, зенкерование, долбление, протягивание, развертывание и др. (рис. 4).

Точение — операция обработки тел вращения, винтовых и спиральных поверхностей резанием при помощи резцов на станках токарной группы. При точении (рис. 4.1) заготовке сообщается вращательное движение (главное движение), а режущему инструменту (резцу) — медленное поступательное перемещение в продольном или поперечном направлении (движение подачи).

Фрезерование — высокопроизводительный и распространенный процесс обработки материалов резанием, выполняемое на фрезерных станках. Главное (вращательное) движение получает фреза, а движение подачи в продольном направлении — заготовка (рис. 4.2).

Сверление — операция обработки материала резанием для получения отверстия. Режущим инструментом служит сверло, совершающее вращательное движение (главное движение) резания и осевое перемещение подачи. Сверление производится на сверлильных станках (рис. 4.3).

Строгание — способ обработки резанием плоскостей или линейчатых поверхностей. Главное движение (прямолинейное возвратно-поступательное) совершает изогнутый строгальный резец, а движение подачи (прямолинейное, перпендикулярное главному движению, прерывистое) — заготовка. Строгание производится на строгательных станках (рис. 4.4).

Долбление — способ обработки резцом плоскостей или фасонных поверхностей. Главное движение (прямолинейное возвратно-поступательное) совершает резец, а движение подачи (прямолинейное, перпендикулярное главному движению, прерывистое) — заготовка. Долбление производят на долбежных станках (рис. 4.5).

Шлифование — процесс чистовой и отделочной об-

работки деталей машин и инструментов посредством снятия с их поверхности тонкого слоя металла шлифовальными кругами, на поверхности которого расположены абразивные зерна.

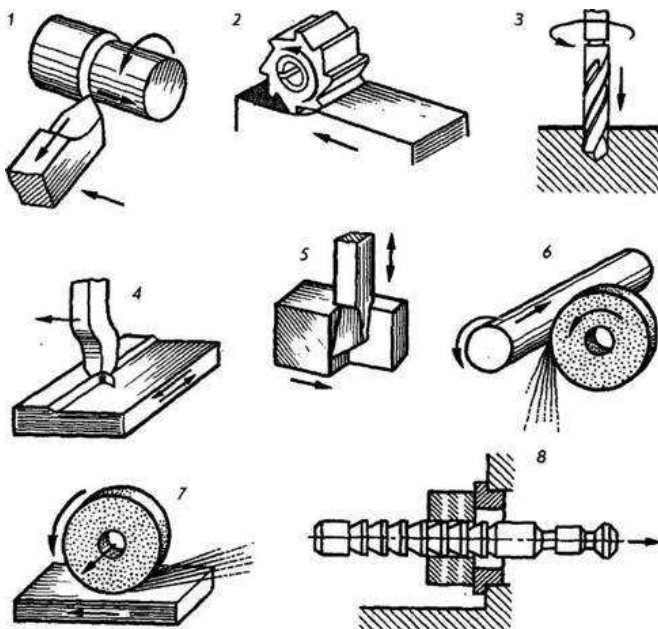


Рис. 4

Главное движение вращательное, которое осуществляется шлифовальным кругом. При круглом шлифовании (рис. 4.6) вращается одновременно и заготовка. При плоском шлифовании продольная подача осуществляется обычно заготовкой, а поперечная подача — шлифовальным кругом или заготовкой (рис. 4.7).

Протягивание — процесс, производительность при котором в несколько раз больше, чем при строгании и даже фрезеровании. Главное движение прямолинейное и ре- же вращательное (рис. 4.8).

Тема 4. «Технические измерения»

1. Выбор средств измерения

Большое разнообразие объектов измерений приводит к большому разнообразию контрольно-измерительных инструментов и приборов, а также методов и приемов измерений. Вместе с тем в зависимости от назначения отдельных деталей машин, измерения необходимо производить с различной точностью. В одном случае достаточно воспользоваться обычной масштабной линейкой, а в другом — применить точный прибор, дающий возможность произвести измерение с точностью до величины $\pm 0,01$ мм.

Допустим, требуется измерить диаметр поршня. Его можно измерить кронциркулем и масштабной линейкой, штангенциркулем и микрометром. В первом случае точность измерений соответствует величине $— 0,5$ мм, во втором — от $0,1$ до $0,05$ мм, а в третьем — $0,01$ мм.

Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений установлены ГОСТ 8.050-73. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм, в зависимости от допусков и номинальных размеров изделий регламентированы в ГОСТ 8.051-73. Предел допускаемой погрешности измерения учитывает влияние погрешности измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, метода измерения и т. д. Результат измерений с погрешностью, не превышающей допускаемую, принимают за действительное значение.

Основные факторы, влияющие на выбор средства измерения, — это размер и качество (класс точности) измеряемого изделия, допускаемая погрешность средства измерения, условия и метод использования средства измерения.

2. Виды измерительных средств

Раздвижной измерительный инструмент с линейным нониусом. Штангенциркуль — многомерный раздвижной инструмент с нониусом для измерения наружных и внутренних размеров, диаметров, глубин и высот деталей. Конструкции выпускаемых штангенциркулей позволяют производить отсчет размеров с точностью до 0,1 и 0,05 мм. Такая высокая точность достигается применением специального устройства для отсчета — линейного нониуса.*

На рис. 5 изображен штангенциркуль (универсальный) с точностью измерений до 0,1 мм ГОСТ 116-89. Он состоит из штанги 1, на которой нанесена шкала линейки, губок 2 и 9 и перемещающейся по штанге рамки 7 с губками рамки 3 и 8.

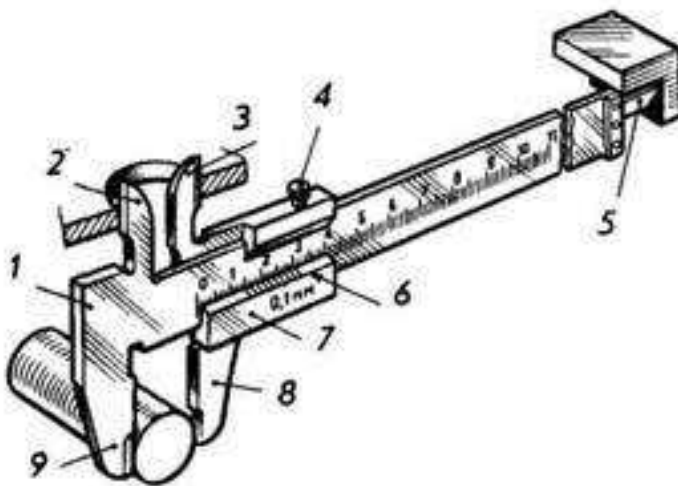


Рис. 5

Измеряемый предмет слегка зажимают между губками, фиксируют рамку зажимным винтом 4 и затем по шка-

лам штанги и нониуса производят отсчет размера. В пазу обратной стороны штанги свободно скользит линейка 5 глубиномера, представляющая собой плоский стержень. Один конец ее жестко соединен с рамкой. В сомкнутом положении свободный торец линейки глубиномера точно совпадает с торцом штанги. При измерении глубины штанга торцом устанавливается на плоскость детали у измеряемого отверстия. Нажимом на рамку стержень глубиномера перемещают до упора в дно отверстия и затем фиксируют положение рамки зажимным винтом.

Отсчет размеров производят по штанге и нониусу. Нониус длиной 19 мм разделен на 10 частей. Одно его деление, таким образом, составляет $19/10 = 1,9$ мм, что на 0,1 мм меньше целого миллиметра (рис. 6, I). При нулевом показании штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха штанги на расстоянии, равном величине отсчета 0,1 мм, умноженной на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого (рис. 6, II). Целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета 0,1 мм на порядковый номер штриха нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги.

На рис. 6, III показано два примера отсчета. В первом по шкале штанги читаем целое число 39 мм, затем по шкале нониуса определяем дробную величину $0,1 \text{ мм} \times 7 = 0,7 \text{ мм}$ (седьмой штрих обозначен крестиком). Значит, измеряемый размер $39 \text{ мм} + 0,7 \text{ мм} = 39,7 \text{ мм}$. Во втором примере аналогично первому определяем $61 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм} \times 4 = 61,4 \text{ мм}$.

Точность отсчета в 0,1 мм иногда бывает недостаточной. В этом случае пользуются штангенциркулем, позволяющим производить измерение с точностью до 0,05 мм.



Рис. 6.

Штангенглубиномер (ГОСТ 162-90) (рис. 7) предназначен для измерения глубины глухих отверстий, пазов, канавок, уступов и высот с величиной отсчета по нониусу 0,1 и 0,05 мм. Он отличается от штангенциркуля только конструкцией: штанга заканчивается срезанным торцом, являющимся измерительной поверхностью, рамка имеет вместо губок широкую опорную поверхность — основание 1.

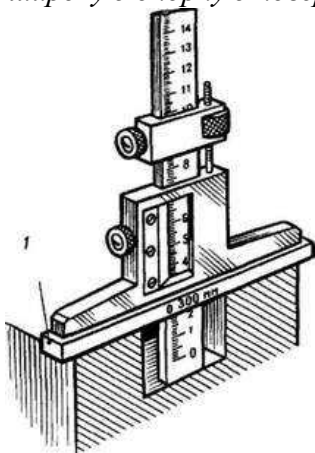


Рис. 7.

При измерениях штангенглубиномер основанием устанавливают над отверстием, а штангу выдвигают до упора в его дно. Далее все действия аналогичны операции по замеру детали штангенциркулем.

Микрометрический измерительный инструмент. Микрометр (ГОСТ 6507-90) — более сложный по устройству инструмент, чем рассмотренные раньше (рис. 8). Он позволяет производить измерения с большей точностью.

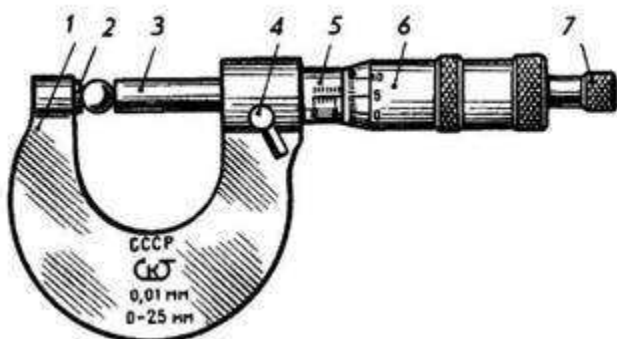


Рис. 8.

Микрометр для наружных измерений состоит из подковообразной скобы 1, пятки 2, стебля 5, зажимного устройства — стопора 4, барабана 6 с микрометрическим винтом 3, колпачка 7 с насечкой, навинченного на правую часть барабана, и трещотки, присоединенной при помощи винта к торцу шейки колпачка. Отсчеты измерений производятся по шкале на стебле 5 и шкале на коническом ноинусе барабана 6.

Шкала на стебле имеет 25 делений, нанесенных вдоль оси стебля сверху и снизу и перпендикулярных к ней с расстоянием между ними в 1 мм. Штрихи, расположенные над риской, смещены вправо относительно нижних штрихов на 0,5 мм. Понижим штрихам отсчитывают це-

лое число миллиметров, а по верхним — 0,5 мм. Сотые доли миллиметра определяются при помощи делений на нониусе, поверхность которого разделена штрихами в виде образующих нониуса на 50 равных частей.

При повороте на одно деление микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на $1/50$ шага, т. е. на расстояние, равное $0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$.

Для определения какого-либо размера детали микрометром ее помещают между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 3. Затем поворачивают барабан до тех пор, пока торец микрометрического винта не приблизится к поверхности детали. Дальнейшее продвижение винта 3 производят при помощи колпачка 7 с трещоткой. Услышав характерный треск, подобный треску пружины часов при заводе, поворот колпачка прекращают. После этого стопором 4 стопорят микрометрический винт, отделяют микрометр от детали и считывают показания.

Отсчет показаний производят следующим образом (рис. 9): если кромка барабана остановится ближе к нижнему штриху стебля (рис. 9, I), то число целых миллиметров полученного размера определяют по нижнему делению шкалы, а Число сотых долей миллиметра — по показаниям барабана. Так, приведенное на рисунке положение шкал соответствует размеру $8 + 0,24 = 8,24 \text{ мм}$;

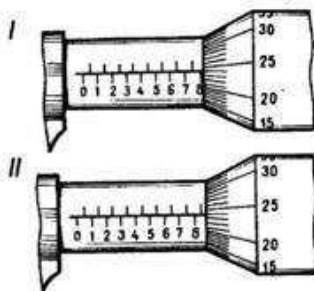


Рис. 9

если кромка барабана остановится ближе к верхнему штриху стебля, то полученный размер представит сумму трех величин: числа целых миллиметров до ближайшего нижнего к кромке барабана деления на стебле плюс 0,5 мм от него до верхнего деления и плюс показания сотых долей миллиметра по барабану. В приведенном случае (рис. 133, II) положение шкал соответствует размеру $8 + 0,5 + 0,24 = 8,74$ мм. На рис. 10 показаны приемы измерения деталей микрометром.

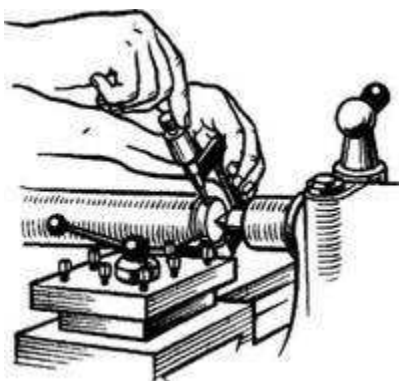


Рис. 10

Микрометрический нутромер (штихмас) (ГОСТ 10-88) служит для измерения внутренних размеров деталей, а также размеров диаметров отверстий. Точность измерений нутромером такая же, как и микрометром — 0,01 мм. Состоит он (рис. 11) из головки и сменных калиберных стержней (удлинителей). Микрометрическая головка состоит из микрометрического винта 6, расположенного внутри барабана 4, колпачка 5, стебля 3, стопорного устройства 2 и сменного наконечника 1. С помощью сменных наконечников (удлинителей) увеличивают предел измерений.

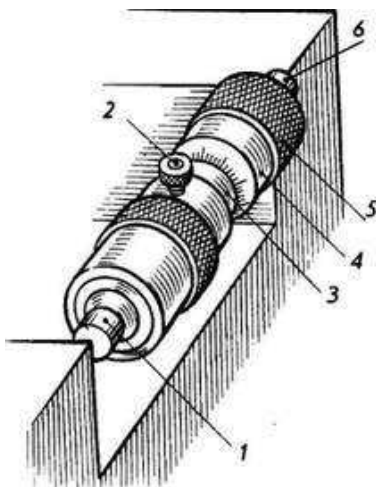


Рис. 11.

Считывают размеры при пользовании этим инструментом так же, как и при замерах микрометром.

Инструмент для измерения углов и конусов. Размеры углов, как и все другие, могут иметь допуски. Верхнее и нижнее отклонения угловых размеров располагают на чертежах так же, как и линейных размеров. Например, 90^{+10}_{-8} означает угол с номинальным размером 90° , верхнее допустимое отклонение которого равно 10° , а нижнее — 8° . Когда размеры углов на чертежах не имеют допусков, их устанавливают в соответствии с отраслевыми стандартами.

Для измерения углов и конусов применяют различные инструменты. Рассмотрим некоторые из них.

Универсальный угломер (ГОСТ 5378-88) (рис. 12) применяют для измерения наружных и внутренних углов различных деталей.

Угломер состоит из основания 1, на котором нанесе-

на основная шкала на дуге 130° , и жестко скрепленной с ним линейки 4. По дуге основания перемещается сектор 3, несущий нониус 2. К сектору 3 посредством державки 7 может быть прикреплен угольник 6, в котором в свою очередь с помощью державки 8 закреплена съемная линейка 5. Угольник 6 и съемная линейка 5 имеют возможность перемещаться по краю сектора 3.

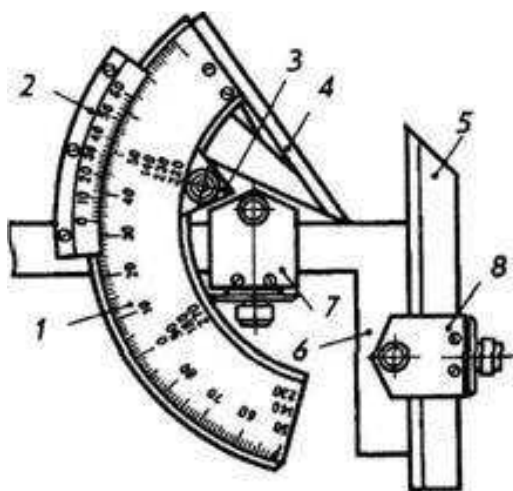


Рис. 12.

Хотя основная шкала угломера нанесена лишь на дуге 130° , но, меняя установку измерительных деталей, можно измерять углы от 0 до 320° . Точность отсчета по нониусу равна $2'$. Отсчет, полученный при измерении угловых величин или при установке заданного угла, производится так же, как и на линейных шкалах штангенинструмента, т. е. по шкале и нониусу. Число градусов отсчитывают по шкале основания, а минут — по шкале иониуса.

Например, на рис. 13 нулевой штрих нониуса пришелся на деление между 76 и 77° основной шкалы, а со

штрихом (отмечен крестиком) шкалы основания совпадает 9-й штрих нониуса. Следовательно, по основной шкале отсчитывают 76° , а по шкале нониуса $9 \times 2' = 18'$. Значит, угол в данном случае равен $76^\circ 18'$.

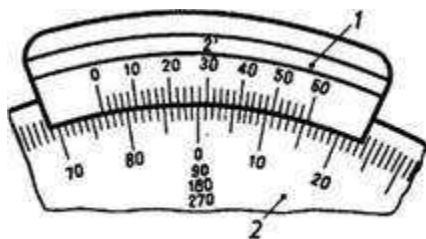


Рис. 13.

Калибры и шаблоны. Предельные калибры — скобы ГОСТ 16775-71...16777-71 применяют для контроля наружных диаметров валов по предельным размерам.

Предельная скоба имеет две стороны с размерами: наибольший допустимый ПР — проходная сторона и наименьший допустимый НЕ — непроходная сторона.

На рис. 14 показана схема и прием контроля измеряемого диаметра вала 1 проходной скобой; 2 — непроходная скоба; 3 — проходная скоба. Разница между этими размерами составляет допуск на размер диаметра контролируемого вала. Сторона скобы НЕ делается по наименьшему допустимому размеру диаметра таким образом, чтобы вал не проходил через нее. Действительный размер диаметра вала при этом виде контроля установить нельзя. Нельзя также установить действительный размер отклонений от геометрических форм вала, т. е. овальность, конусность и т. д. Для определения действительного размера диаметра вала и действительных отклонений, выраженных в числовых значениях, следует применять универсальные измерительные средства.

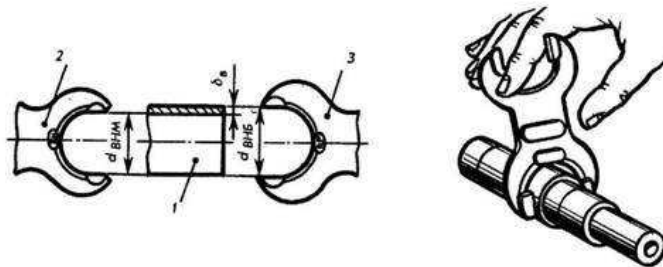


Рис. 14.

Предельные калибры — пробки (рис. 15) применяют для контроля цилиндрических отверстий ГОСТ 24962- 81, для определения соответствия размера диаметра отверстия заданным на чертеже пределом (допуском). Принцип контроля этим калибром аналогичен предыдущему.

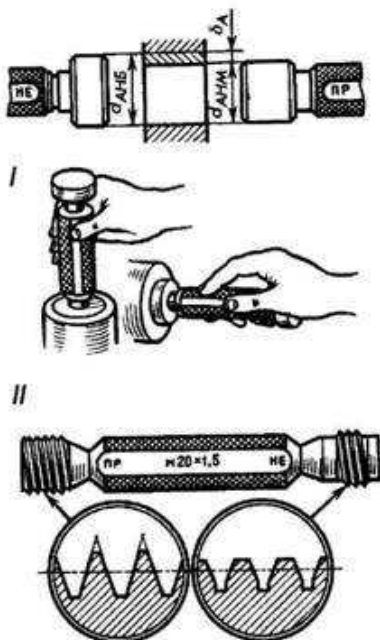


Рис. 15.

Для проверки цилиндрической крепежной резьбы II применяют рабочие, приемные и контрольные калибры ГОСТ 24963-81. Рабочие калибры используют для проверки правильности размеров резьбы изделий в процессе их изготовления. Приемные калибры — для проверки правильности размеров резьбы контролерами и заказчиками. Контрольные калибры (контркалибры) — для контроля и регулировки (установки) размеров рабочих калибров.

Шаблоны широко распространены в машиностроении для проверки деталей сложного профиля. Профиль шаблона (отсюда название профильный калибр — шаблон) по идее представляет собой ту идеальную форму, которую следует придать детали. Проверка шаблоном заключается в прикладывании его к изделию и оценке величины световой щели между проверяемым профилем и измерительной кромкой шаблона. Шаблонами контролируют профиль зубьев зубчатых колес I и зубьев ходовых резьб II, профиль кулачков и шпоночных пазов, радиусы скругления, углы заточки режущего инструмента и др. (рис. 16).

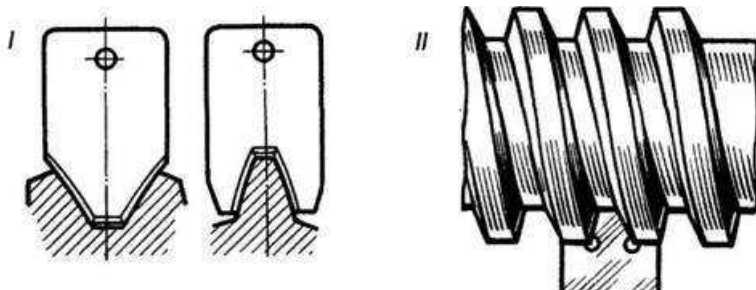


Рис. 16.

Шаблоны профильные служат для определения отклонений действительного профиля зуба от теоретического. Проверка заключается в накладывании шаблона на зуб колеса и определении отклонения по величине световой щели

на просвет. Такая проверка не дает числового выражения отклонения, но во многих случаях бывает достаточной.

Кроме специальных шаблонов индивидуального назначения, в производстве используют еще и нормализованные шаблоны. Один из них ГОСТ 4126-82 показан на рис. 17. Он представляет собой набор стальных пластинок с закругленными по определенному радиусу (отмеченному на пластинках) концами. Данный радиусомер имеет комплект пластинок для замера радиусов от 1 до 6,5 мм. Промышленность располагает радиусомерами и большего размера.

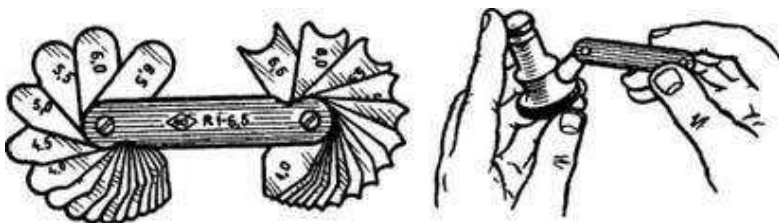


Рис. 17.

Измерение цилиндрических резьб. Наиболее ходовыми средствами измерения и контроля резьбы являются резьбовой микрометр и резьбомеры.

Резьбовой микрометр ГОСТ 4380-86 предназначен для измерения среднего диаметра наружной резьбы на стержне (рис. 18,1). Внешне он отличается от обычного только наличием измерительных вставок: конусного наконечника, вставляемого в отверстие микровинта и призматического наконечника, помещаемого в отверстие пятки. Вставки к микрометру изготавливаются парами, каждая из которых предназначена для измерения крепежной резьбы с углом профиля 55 или 60° с определенным шагом. Например, одна пара вставок применяется в тех случаях, когда

надо измерить резьбу с шагом 1... 1,75 мм, другая — 1,75... 2,5 мм и т. д.

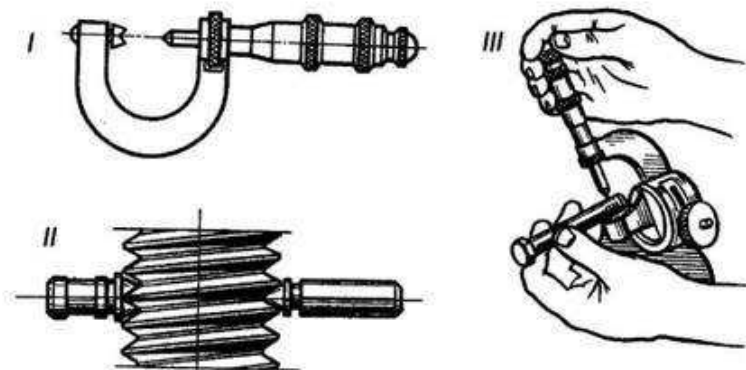


Рис. 18.

После установки микрометра на нуль вставками как, бы обнимается один виток проверяемой резьбы (рис. 18, II). После того как вставки вошли в соприкосновение с поверхностью резьбы, стопорят микрометрический винт и отсчитывают результат по шкалам микрометрической головки (рис. 18, III).

Резьбомеры ГОСТ 519-77 (рис.19) применяют для измерения шага резьбы. Это наборы шаблонов (тонких стальных пластинок), измерительная часть которых представляет собой профиль стандартной резьбы определенного шага или числа ниток на дюйм для подсчета шага. Резьбомеры изготавливают двух типов: на одном из них № 1 выбито клеймо «М60°», на другом № 2 — «Д55°».

Для измерения шага резьбы подбирают шаблон-пластинку (гребенку), зубцы которой совпадают с впадинами измеряемой резьбы. Затем читают указанный на пластинке шаг или число ниток на дюйм. Для определения

шага по резьбомеру № 2 требуется дюйм — 25,4 мм разделить на число ниток, указанное на шаблоне.

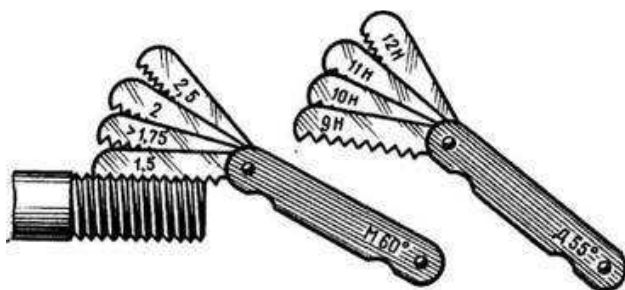


Рис. 19.

Наружный диаметр резьбы < 2 на стержне или внутренний диаметр резьбы D_1 в отверстии измеряют штангенциркулем. Зная два этих исходных параметра, подбирают точное значение резьбы по сравнительным таблицам стандартных резьб.

Измерение элементов зубчатых колес. На чертеже зубчатых колес всегда задают размер толщины зуба (длину хорды) как расчетную величину.

Штангензубомер — инструмент для замера толщины зуба у зубчатых колес (рис. 20). Он состоит из двух взаимно перпендикулярных линеек 1 и 5 со шкалами. Линейка 1 служит для установки заданной высоты, а линейка 5 для измерения толщины зуба — длины хорды по этой высоте. Заметим, что толщина зуба, замеряемая по хорде делительной окружности, всегда находится на определенном расстоянии от окружности вершин зубьев, что на чертеже специально оговаривается.

В начале измерения упор 3 устанавливают при помощи нониуса 2 на размер заданной высоты и фиксируют его стопорным винтом. Штангензубомер упором 3 ставят

на окружность вершины зуба, который собираются замерить. Затем сдвигают губки горизонтальной линейки до соприкосновения с профилем зуба, после чего по шкале нониуса 4 отсчитывают размер толщины зуба, так же как и при измерении штангенциркулем.

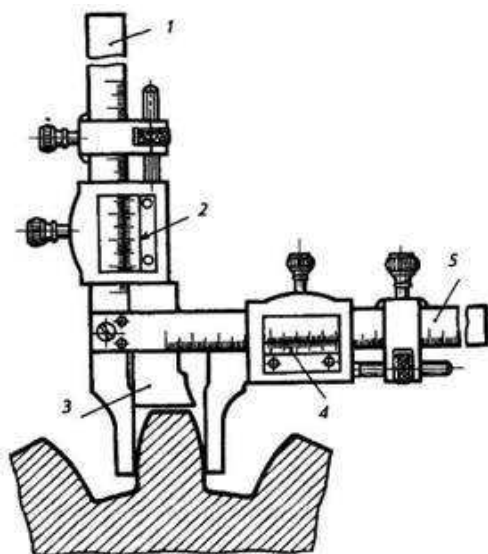


Рис. 21.

Обычно, когда говорят о точности обмера, подразумевают под этим то максимальное отклонение от истинного размера, которое может получиться при измерении. Например, точность измерения $\pm 0,02$ показывает, что истинное значение может отличаться от прочитанного на шкале инструмента максимум на $0,02$ мм. Эта величина характеризует измерительный инструмент, но для практики она неудобна, так как не дает прямого указания, когда в сложившихся обстоятельствах и каким инструментом следует производить измерение. В этом случае удобнее свя-

зять тип инструмента с размером допуска. Допуск всегда указан на чертеже. При отсутствии чертежа величину допуска выбирают в зависимости от характера сопряжения данной детали с другими.

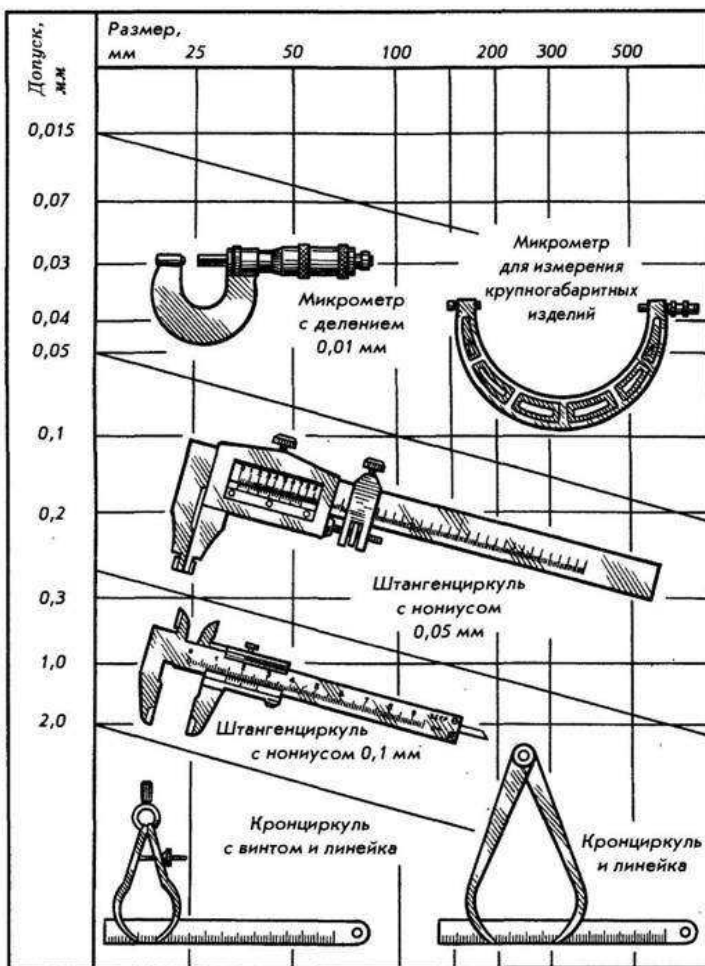


Рис. 22. Измерительный инструмент для внешнего промера

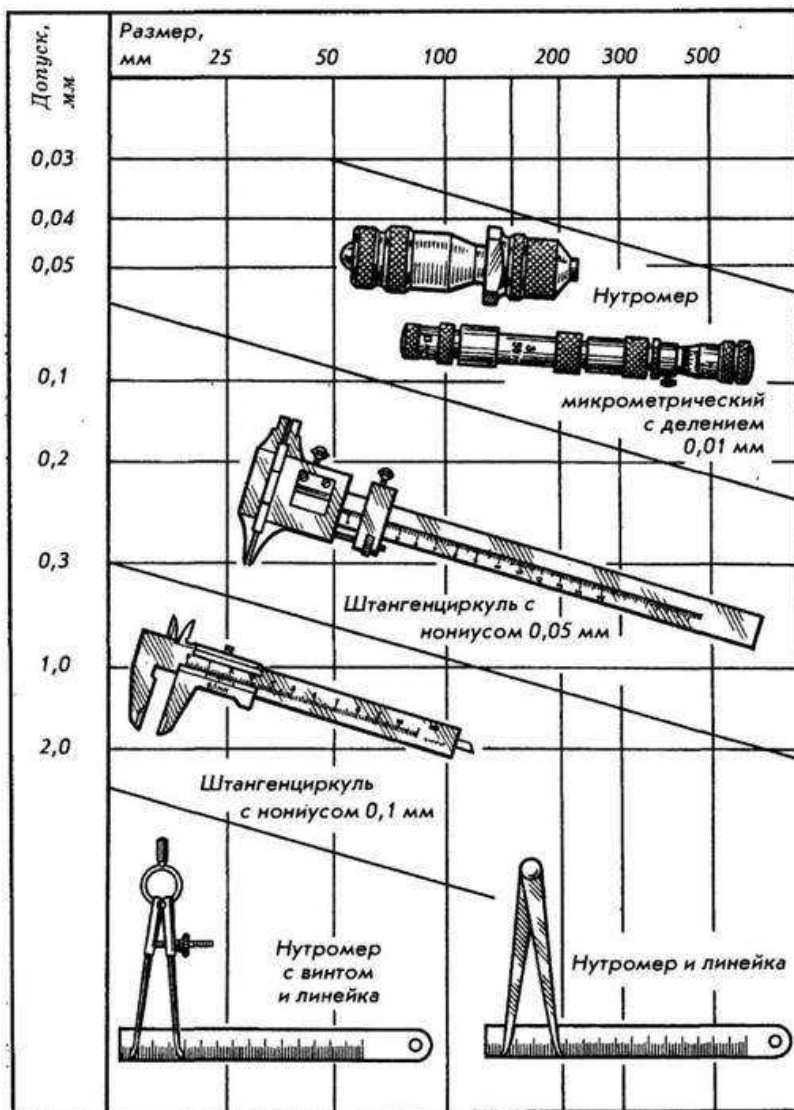


Рис. 23. Измерительный инструмент для внутреннего промера

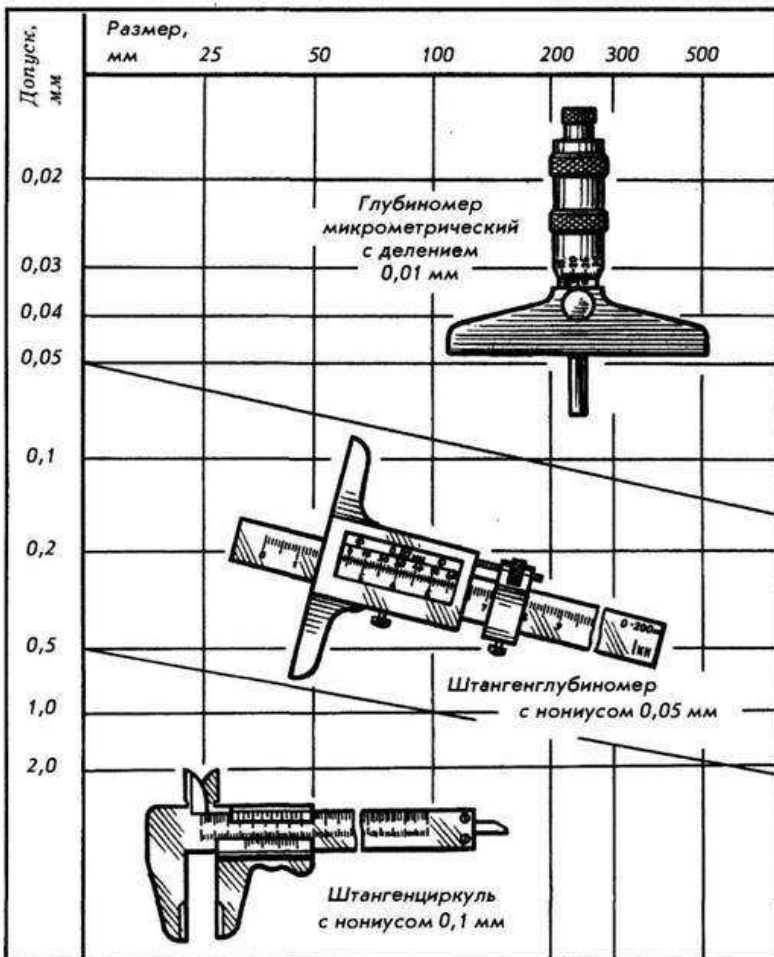


Рис. 24. Измерительный инструмент для промера глубины

* Нониус — вспомогательное отсчетное устройство, повышающее точность оценки долей делений основной шкалы измерительного инструмента

В табл. 1, 2 и 3 (рис. 21, 22, 23) приведены рекомендации по применению измерительного инструмента со шкалами в зависимости от установленных допусков и размеров детали. В ней даны верхние пределы применения инструмента, т. е. наименьшие допуски, которые могут быть промерены данным инструментом. Каждый из приведенных в таблице типов инструмента может быть применен и для более грубых промеров.

Совершенствование методов и средств технического контроля осуществляется путем механизации и автоматизации контрольных операций и применением так называемого активного контроля, позволяющего проверять размеры деталей во время их обработки. Прогрессивные средства контроля выбирают исходя из экономической эффективности их применения. Для механизации контрольных операций применяют многомерные контрольные приспособления и различные механические устройства.

В таких многомерных приборах и приспособлениях используются различные жесткие калибры, индикаторы и устройства, основанные на пневматических, электроконтактных и других способах измерения.

Промышленность располагает также автоматами с механическими измерительными устройствами и с электроконтактными датчиками, электроизмерительные устройства которых позволяют с высокой точностью проверять различные геометрические и физические параметры деталей.

Приборы для автоматического контроля деталей в процессе их обработки наиболее часто применяются при шлифовании валов, отверстий, плоскостей и пр. Эти приборы, устанавливаемые на станках, подают сигнал при достижении деталью заданного размера или автоматически изменяют режим обработки и останавливают станок.

Тема 5. «Технологичность»

Конструктивные формы деталей образуются сочетанием различных геометрических поверхностей. Отдельные такие поверхности являются элементами деталей.

На рис. 25 изображен вал коробки скоростей с подшипниками и зубчатым колесом. Основными элементами вала являются: фаски 1; шейки для зубчатого колеса и подшипников 2; проточки 3; бурт 4; шпоночный паз 5; центровые отверстия на торцах вала 6.

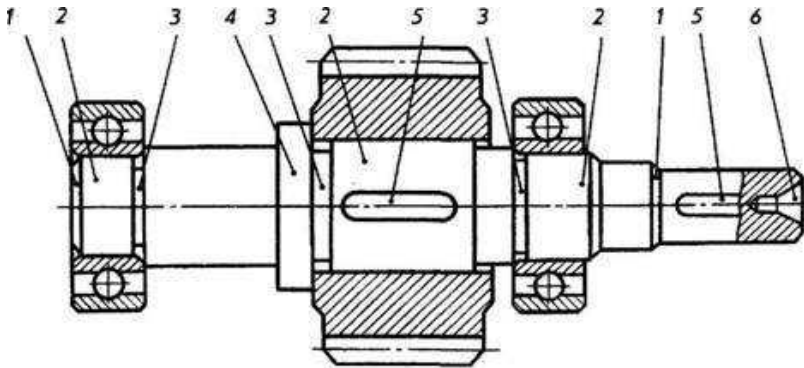


Рис. 25.

Шейки, бурт и шпоночные пазы сопрягаются (соединяются) с соответствующими элементами других деталей сборочной единицы. Их размеры, форма и расположение согласованы с сопряженными деталями и установлены исходя из расчетных и конструкторских соображений, определяемых значением и работой узла. Такие элементы принято называть конструктивными.

Возникновение других элементов — *фасок, проточек, центровых отверстий* обусловлено технологическими требованиями удобства изготовления детали и сборки ее с

другими. Так, фаски на детали необходимы для удобства сборки деталей (беззадира торцов). Проточки нужны для выхода шлифовального круга при шлифовании шеек вала, а центровые отверстия служат базой при обработке вала (вал устанавливается на станке в центрах). Элементы деталей, связанные с операциями их изготовления, *называют технологическими*.

Из рассмотренного примера видно, что способы изготовления деталей часто требуют введения в их конструкцию элементов исключительно технологического характера. Но иногда один и тот же элемент может быть и конструктивным и технологическим.

Ни одна деталь, как правило, не может быть сконструирована вне сборочной единицы машины, в которую она входит. Поэтому детали получают свои формы и размеры в процессе разработки конструкций сборочных единиц.

С точки зрения применяемости и распространения в машиностроении детали можно разделить на стандартные, унифицированные и оригинальные. К стандартным относятся детали, поставляемые по государственным, республиканским и отраслевым стандартам, а также стандартам предприятия. К унифицированным относят заимствованные из другого изделия, т. е. ранее спроектированные как оригинальные. Оригинальные детали конструируют применительно к определенной машине и они, как правило, не имеют подобного себе образца.

Формо- и размерообразование деталей на практике осуществляется с помощью разнообразных технологических процессов, описанных выше. Чертеж детали, как правило, заранее определяет технологию ее изготовления.

Одну и ту же деталь и машину можно сконструировать в нескольких вариантах. Создание машины — сложный творческий процесс, не имеющий однозначного реше-

ния. К новой конструкции предъявляется большое количество разнообразных и часто противоречивых требований: наименьшая масса, необходимая долговечность, прочность, определенные габариты, низкая стоимость, простота обслуживания и др. Одновременно выполнить все условия в большинстве случаев невозможно, и решение почти всегда бывает компромиссным.

При выборе окончательного решения из многих вариантов останавливаются на том, который, если судить по чертежу, является наиболее технологичным. По ГОСТ 14.205-83 **технологичность конструкции изделия** — это совокупность ее свойств, проявляемых в возможности оптимальных (наивыгоднейших технико-экономических) затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте.

Вид технологичности определяется признаками, характеризующими область проявления технологичности конструкции изделия. По этому признаку различают следующие виды технологичности: производственную и эксплуатационную.

Производственная технологичность конструкции изделия выражается в сокращении затрат средств и времени на: конструкторскую подготовку производства (КПП); технологическую подготовку производства (ТПП); процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия выражается в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Главными факторами, определяющими **требования к технологичности конструкции**, являются: вид изделия; объем выпуска; тип производства.

Вид изделия определяет главные конструктивные и

технологические признаки, обуславливающие основные требования к технологичности конструкции.

Объем выпуска и тип производства определяет степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

В общем виде задачи технологичности конструкции, которые следует учитывать при разработке новых оригинальных деталей, приведены на рис. 25. Из рис 25 видно, что понятие технологичности трактуется весьма широко и может быть сформулировано в следующем виде: задачей технологичности конструкции является назначение при конструировании машины таких форм, точности изготовления и технических качеств деталей, а также выбор таких материалов, заготовок и технологических процессов и назначение таких сопряжений деталей в сборочные единицы и в машину, которые в сочетании обеспечивали бы достижение: оптимальных конструктивных параметров, требующих физических и технических свойств деталей и машины в целом; наиболее простого, производительного и экономичного производственного процесса изготовления машин; наиболее высоких эксплуатационных качеств машины и ее узлов.

Технологичность не является универсальным состоянием раз спроектированной детали или машины. Она меняется в зависимости от технологических возможностей завода-изготовителя. Для завода с мощной литейной базой наиболее технологичным может быть литой вариант (рис. 26, I, III), для завода металлоконструкций — сварной (рис. 26, II, IV). Технологичность в большей степени зависит от серийности производства. В индивидуальном производстве наиболее удобной бывает сварка. На рис. 27, II, IV показаны два варианта сварной конструкции рычага.

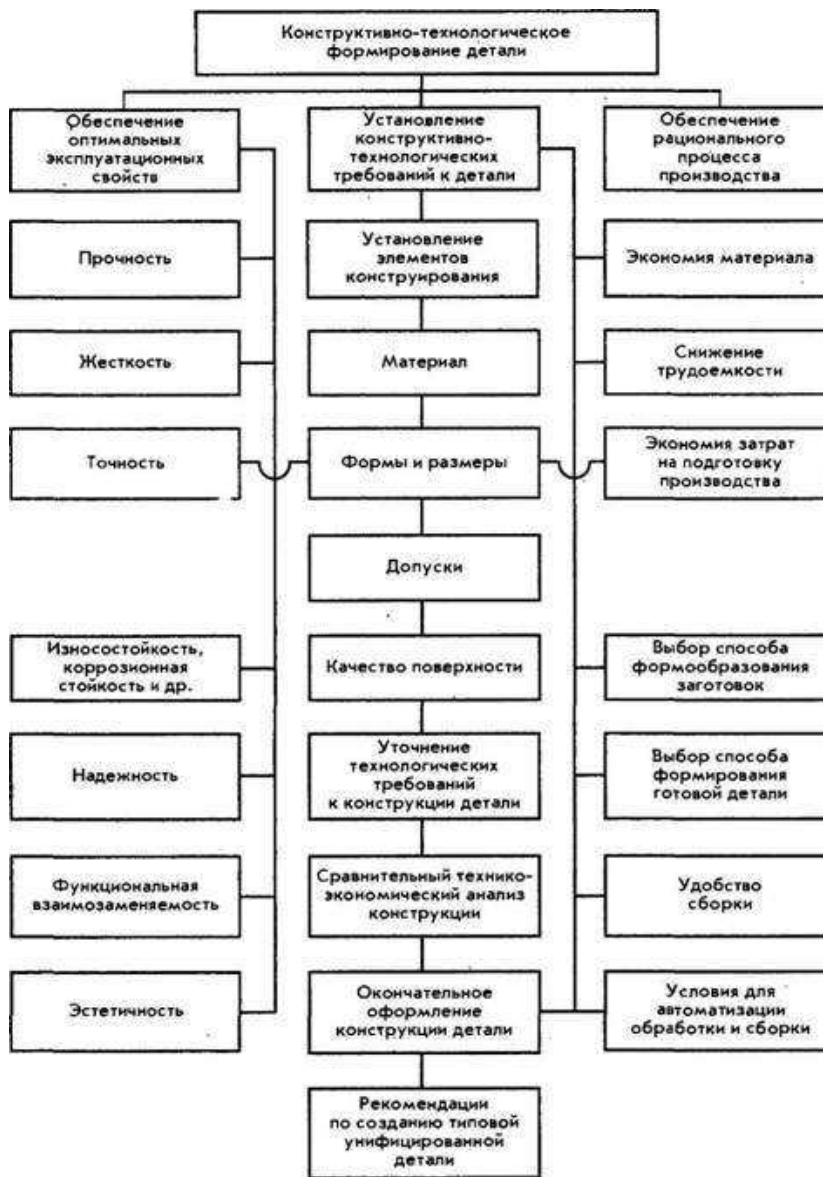


Рис. 26

Последний представляет собой облегченную конструкцию. В обоих случаях отдельные элементы детали — две втулки и пята — привариваются к фигурной планке. В серийном производстве для крупногабаритных деталей наиболее удобно литье в землю (рис, 27, I), в крупносерийном — литье в кокиль или в оболочковые формы (рис, 27, III). Отсюда принцип технологичности требует создания машин, наиболее приспособленных к данным конкретным условиям производству.

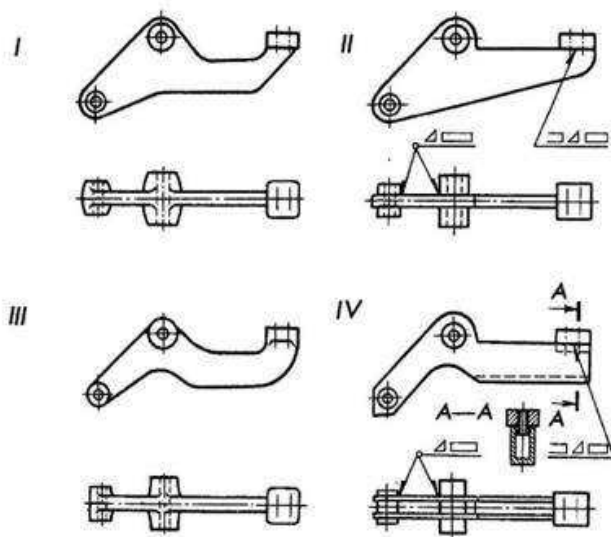


Рис. 27.

Предположим теперь, что перед вами чертежи спроектированного изделия в нескольких возможных вариантах. Какими критериями следует руководствоваться, чтобы выбрать из них наилучший вариант?

Оценка технологичности конструкции изделия может быть двух видов: качественной и количественной.

Вид оценки характеризует метод сравнения кон-

структивных решений и обоснованного выбора оптимального варианта конструкции изделия. Качественная оценка связана с выбором лучшего конструктивного решения и определении степени различия технологичности сравниваемых вариантов. Количественная оценка выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований технологичности конструкции.

Для всех видов изделий по ГОСТ 14.201-83 при отработке конструкции на технологичность ставятся следующие задачи:

1 — снижение трудоемкости изготовления изделия. Оно зависит от многих факторов, главными из которых следует считать стандартизацию, унификацию составных частей изделий и их элементов, типизацию технологических процессов изготовления, технического обслуживания и ремонта изделия;

2 — стандартизация составных частей изделия, являющихся сборочными единицами (блоки, агрегаты) или деталями (крепежные изделия и др.). Используя в конструкции изделия стандартные составные части, обеспечивают их взаимозаменяемость;

— унификация составных частей изделия. Она включает: использование в проектируемых изделиях составных частей конструкций, обработанных на технологичность и освоенных в производстве, сокращение количества наименований и типоразмеров (см. гл. I, п. 1 и 4), составных частей изделия и применяемых материалов;

1 — унификация элементов конструкции деталей. Это касается посадок, классов точности, шероховатости поверхностей, резьб, шлицев, шпонок, модулей зубьев, диаметров отверстий и др.;

2 — возможность применения типовых технологиче-

ских процессов сборки, обработки, контроля, испытаний, технического обслуживания и ремонта. Применение типовых технологических процессов создает условия для повышения уровня его механизации и автоматизации, сокращения сроков изготовления, обслуживания и ремонта изделий.

Последовательность решения задач технологичности конструкции на различных стадиях проектирования приведена на рис. 28. Из рисунка видно, что наибольшее значение имеют конструктивные решения на первых стадиях проектирования, когда определяются основные конструктивно-технологические признаки конструкции, предопределяющие в основном ее технологичность.

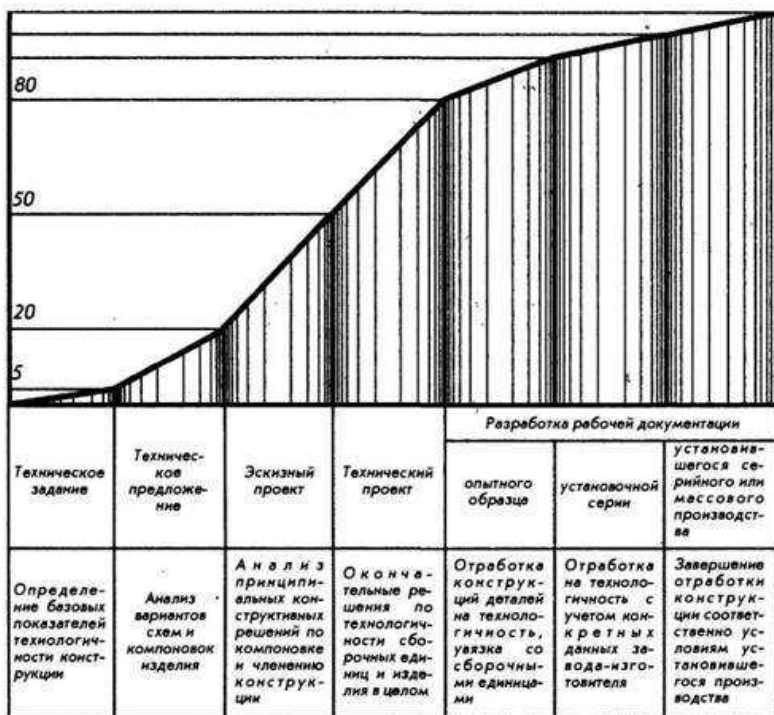


Рис. 28

Познакомимся теперь с технологическими требованиями, предъявляемыми как к отдельным деталям, так и к механизму, машине в целом.

Накопленный опыт в области технологии машиностроения позволил наметить конкретные примеры конструктивных решений, которые могут рассматриваться как рекомендации, заслуживающие внимания при проектировании деталей, сборочных единиц, машин и механизмов.

Конструкторы в большинстве своем люди, обладающие образным мышлением и хорошей зрительной памятью. Для них чертежи и эскизы говорят гораздо больше, чем многие страницы объяснений. Поэтому почти каждое положение, приводимое ниже, сопровождается конструктивными примерами.

2. Технологичность как экономическая целесообразность

Под **технологичностью конструкции** следует понимать придание изделию такой конструктивной формы и применение таких материалов, которые обеспечивали бы, при условии выполнения изделием, его функций, наиболее простое, производительное и экономичное изготовление.

Технологичность конструкции — понятие комплексное, не поддающееся однозначной количественной оценке с помощью какого-либо коэффициента, В то же время это понятие условно, так как оценивать технологичность конструкции нужно с учетом особенностей организационных форм производства (индивидуальное, серийное, массовое), а нередко также конкретной производственной обстановки и установившихся технологических традиций.

Существует ряд критериев, последовательное применение которых как к Отдельным деталям, так и к машине, механизму в целом, позволяет с достаточной степенью объективности оценивать уровень их технологичности.

Далее приводится краткая характеристика этих критериев, которые в то же время могут рассматриваться как рекомендации при проектировании деталей, сборочных единиц, машин и механизмов. Почти каждое выдвинутое положение сопровождается конструктивными примерами.

Несколько примеров с целью доходчивости подобрано по принципу сопоставления неправильных и правильных, нецелесообразных и целесообразных конструкций, приводимые правильные решения, не являются единственно возможными. Их следует рассматривать лишь как примеры. В конкретных условиях производства могут оказаться целесообразными и другие решения.

Технологичность как экономическая целесообразность. При проектировании деталей машин для повышения технико-экономических показателей следует учитывать стоимость материалов, расходуемых на деталь, и, следовательно, себестоимость ее изготовления. Критериями оценки затрат на материалы служат чистая масса деталей и норма расхода материала на их изготовление.

Чистая масса детали зависит от ее конструкции и величины действующих на нее (в рабочем состоянии) усилий, а норма расхода материала — от способа изготовления детали. Отношение чистой массы детали к норме расхода материала называется **коэффициентом использования материала**. Ниже приведены основные пути снижения себестоимости конструкции:

1 — для уменьшения расхода дефицитного металла на изготовление крупногабаритной детали необходимо заранее предусмотреть возможность сделать ее составной путем выполнения неотчетственных элементов деталей из простых и дешевых металлов. Такие детали, удовлетворяя эксплуатационным требованиям, изготавливают при наименьшей себестоимости (рис. 29);

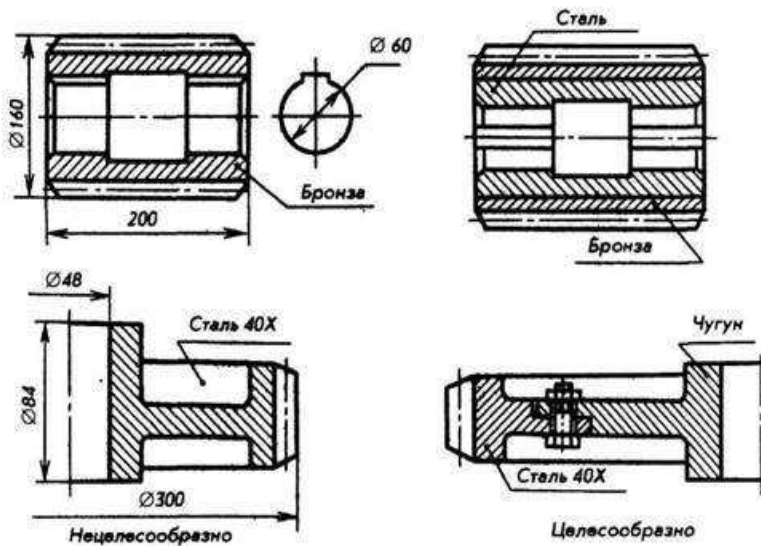


Рис. 29.

— для уменьшения расхода материала, затрат времени на обработку и снижения массы литых заготовок ненагруженных или малонагруженных деталей следует заранее предусмотреть внутренние полости, отверстия, выемки и т. д. (рис. 29);

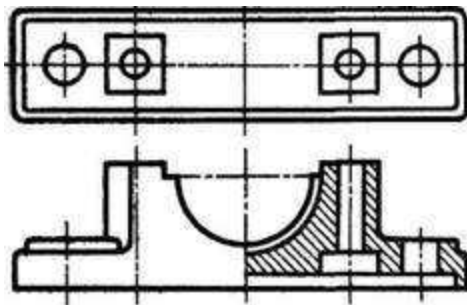


Рис. 29.

I — выбор рациональной формы сечения детали не только позволяет сделать ее более прочной, но и приводит часто к снижению производственных затрат на ее изготовление. Так, замена трубчатого кронштейна (рис. 30, I) на кронштейн таврового профиля (рис. 30, II) позволяет снизить производственные расходы на 78%;

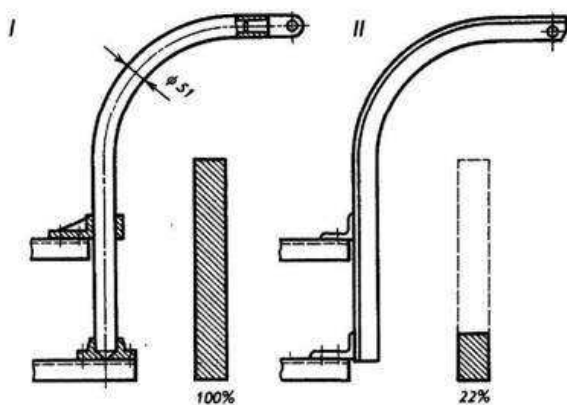


Рис. 30

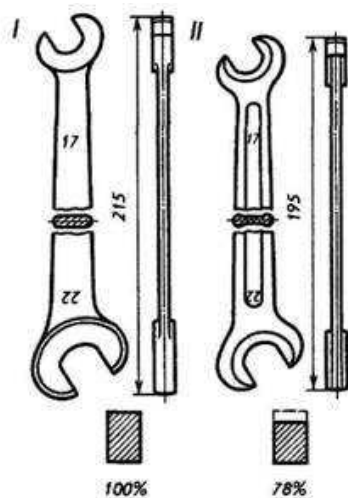


Рис. 30.

2 — лучшее использование механических свойств материала позволяет уменьшить размеры изделия, сделать его форму более красивой и повысить экономичность изготовления. Например, изменения формы сечения рукоятки гаечного ключа и его длины (рис. 31, II) приводит к экономии металла на 22%; 5 — в рациональной технологии изготовления детали, которая уменьшает отходы материала, а значит, и себестоимость готовой продукции. Например, изготовление болтов М10 из круглого прутка на современных холодно-высадочных автоматах позволяет сократить отходы металла в 2,4 раза по сравнению с изготовлением тех же болтов из шестигранного прутка на токарном автомате. На рис. 32 показано сравнительное количество отходов металла при изготовлении болта методами холодной высадки с последующей накаткой резьбы (рис. 31, I) и на токарном автомате (рис. 31, II);

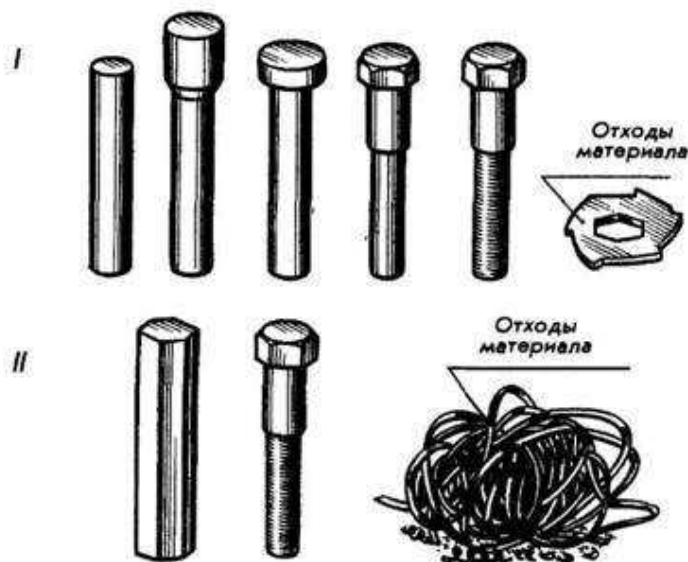


Рис. 31.

6 — в необходимости избегать излишних требований к точности размеров, геометрических форм, степени шероховатости и взаимного расположения поверхностей, однако не вызывающих ухудшения эксплуатационных качеств машин. Повышенные требования приводят к увеличению трудоемкости, а следовательно, и себестоимости их изготовления (рис. 32);

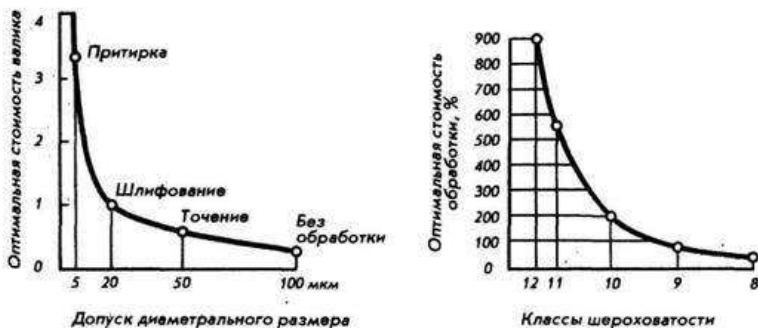


Рис. 32.

7 — значение коэффициента расхода материала во многом зависит от производственных условий и геометрической формы детали. Коэффициент использования материала определяется отношением чистого веса готовой детали к весу заготовки. Если коэффициенты расхода материала применяются при расчетах потребности в материале для изготовления заданного количества деталей или комплектных машин, то коэффициент использования материала является экономическим показателем технологичности конструкции комплектной машины и особенно ее деталей, а также показателем технического уровня производства.

На рис. 34 показан пример конструирования ступенчатого валика. В первом случае (см. 34, I) из-за большой разницы диаметров валика, заготовка на его изготовление была выбрана с припуском на больший диаметр. Отсюда

большой отход материала в стружку. Применение кольца (см. 33, II) позволяет сократить диаметр заготовки (припуск заготовки) и уменьшить расход материала.

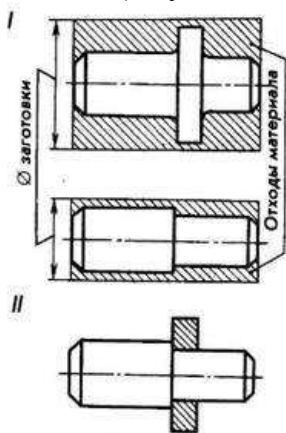


Рис. 33.

3. Технологичность механически обрабатываемых деталей

Технологичность деталей машин, подвергаемых механической обработке, выражается в следующем:

1 — конструктивная форма деталей должна быть несложной, а обрабатываемые поверхности должны иметь форму тел вращения или плоскостей, позволяющих обрабатывать их наиболее простыми и производительными способами;

2 — объем механической обработки деталей должен быть наименьшим. Это достигается за счет сокращения количества обрабатываемых поверхностей и величины припусков на обработку;

3 — конструкция деталей должна быть достаточно жесткой, исключая влияние деформирующих усилий на ее точность при применении высоких режимов резания;

4 — конструкция детали должна быть такой, чтобы удобно было ее обрабатывать, закреплять и обмерять;

5 — надо избегать применения сложных криволинейных и фасонных поверхностей, так как они осложняют обработку и требуют применения специального оборудования и инструмента;

6 — обрабатываемые поверхности делают выступающими над необрабатываемыми (черными). Этим обеспечивается выход режущего инструмента и уменьшается величина поверхности, подлежащей обработке (рис. 34);

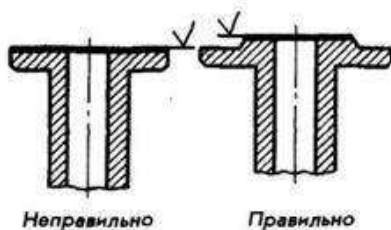


Рис. 35.

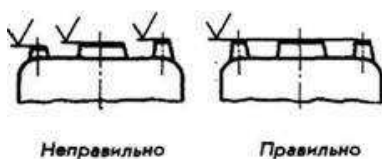


Рис. 36

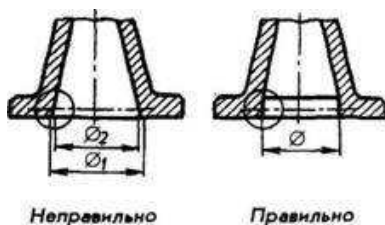


Рис. 34.

7 — обрабатываемые плоскости следует располагать по возможности на одном уровне. Это ускоряет изготовление детали, так как не требует переустановки и переналадки детали и инструмента (рис. 35);

8 — поверхности, примыкающие к обрабатываемым участкам, делают по возможности перпендикулярными к обрабатываемой плоскости, чтобы размеры контуров, получаемых при обработке, не изменялись;

9 — поверхности подлежащие обработке сверлением, снабжают бобышками, приливами, торцовые плоскости которых должны быть перпендикулярны к оси сверла. Этим обеспечивается правильный вход и выход инструмента и предотвращение его от поломок;

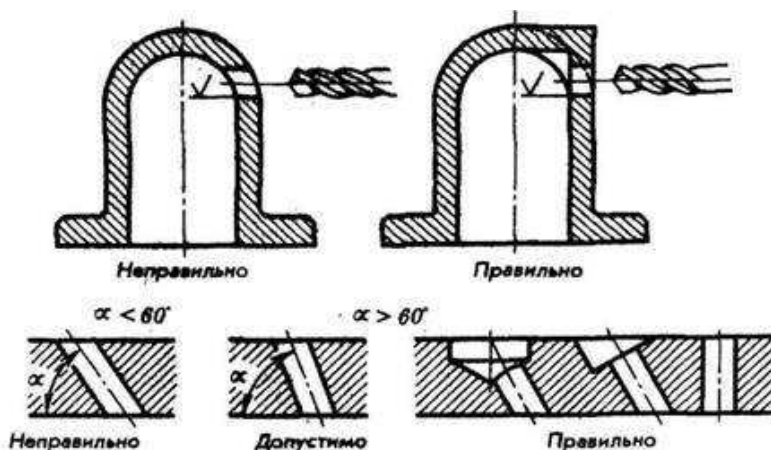


Рис. 35.

10 — отверстия под болтовые соединения должны отстоять от ставки на расстоянии $A \geq D/2 + R$, где D — диаметр шайбы или диаметр гайки, если шайба не ставится (рис. 39);

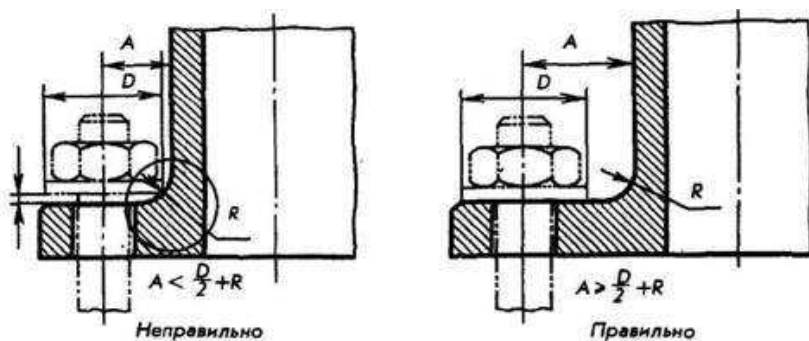


Рис. 36.

11 — если конструкцией не предусматривается свободный выход режущего инструмента, то переходная часть должна соответствовать форме и размерам режущего инструмента (рис. 37);

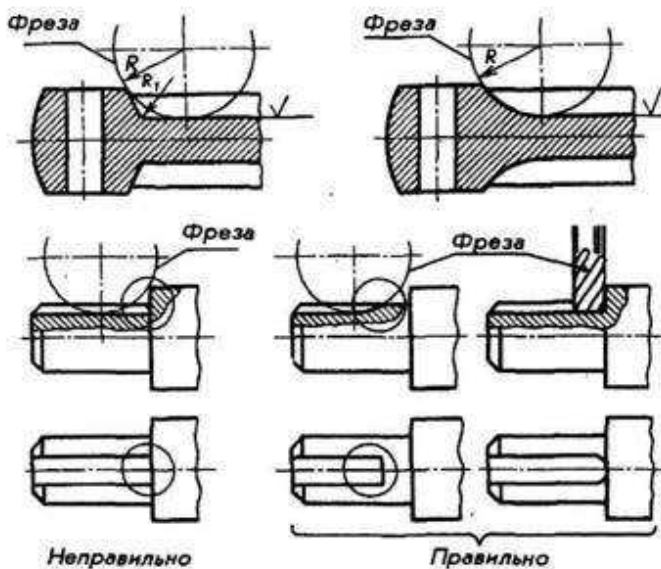


Рис.37.

12 — при конструировании деталей необходимо следить за тем, чтобы места обработки режущим инструментом были доступны для его ввода и вывода, за исключением случаев, когда предусмотрен сбе́г резьбы (рис, 38).

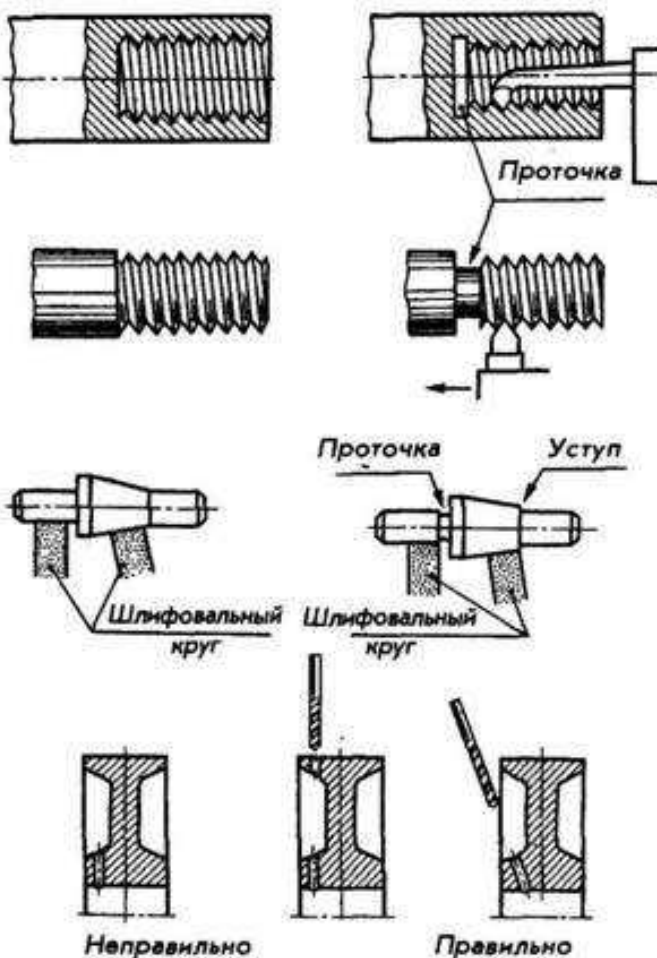


Рис. 38.

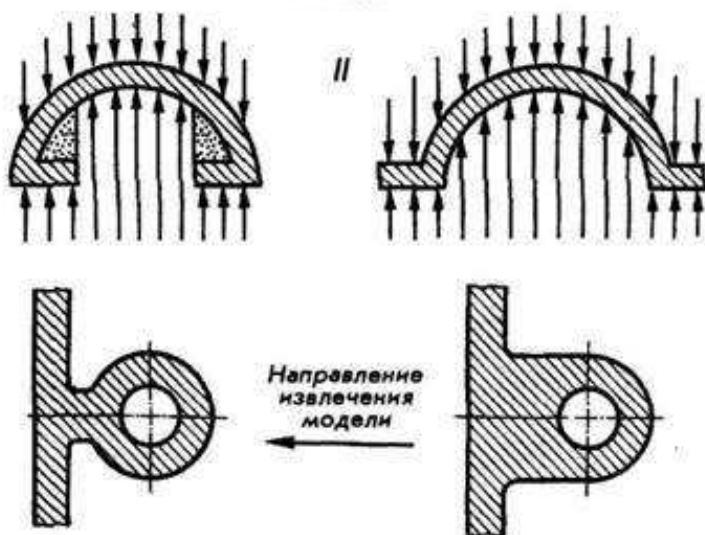


Рис. 39.

4. Технологичность литых деталей

Для определения технологичности литой детали на нее направляют с двух сторон пучки лучей света. Если помещенная в эти лучи отливка не будет давать теней, то она считается технологичной (рис. 40, II). В противном случае (рис. 40, I) деталь не технологична.

Детали, изготавливаемые литьем, должны проектироваться с учетом удобства извлечения модели. Для этого при формовке придают стенкам и ребрам, перпендикулярным к плоскостям разъема, необходимый литейный уклон (рис. 41). Величина уклона в зависимости от высоты поверхности детали приведена в табл. 4.

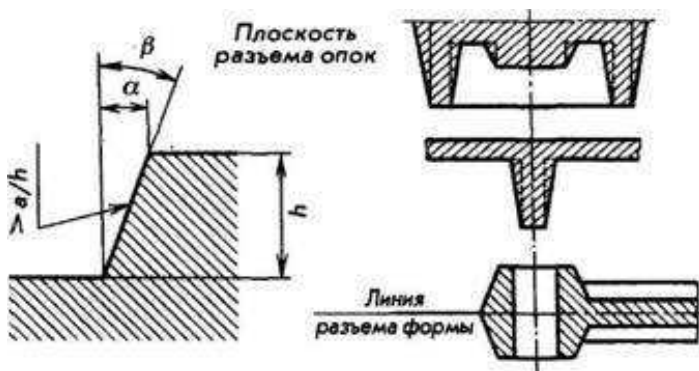


Рис. 40.

Таблица 4.

Величина уклона в зависимости от высоты поверхности детали

Расстояние (h), мм	Отношение (a/h)	Угол (β)
До 25	1 : 5	11° 30'
Свыше 25 до 500	1 : 10	5° 30'
	1 : 20	3°

Отливка не должна иметь острых углов во избежание появления местных напряжений и трещин. Углы скругляются плавными галтелями (рис. 41). Закругления должны производиться радиусами из одного центра как для внешней стенки (радиус R), так и для внутренней (r).

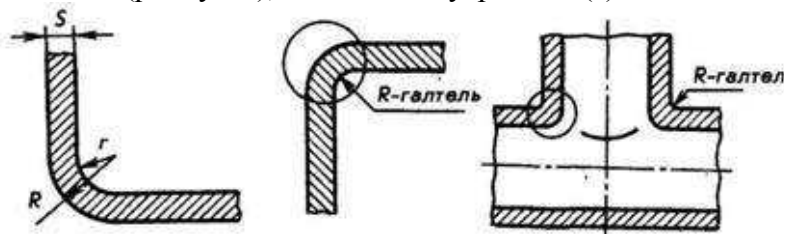


Рис. 41.

При сопряжении двух стенок одинаковой толщины под прямым углом обычно принимают: $r = s$; $R = 2s$, где r и R — радиусы: s — толщина литых стенок.

Толщина литых стенок должна быть по возможности одинаковой во избежание появления местных напряжений, раковин, трещин (рис. 42).

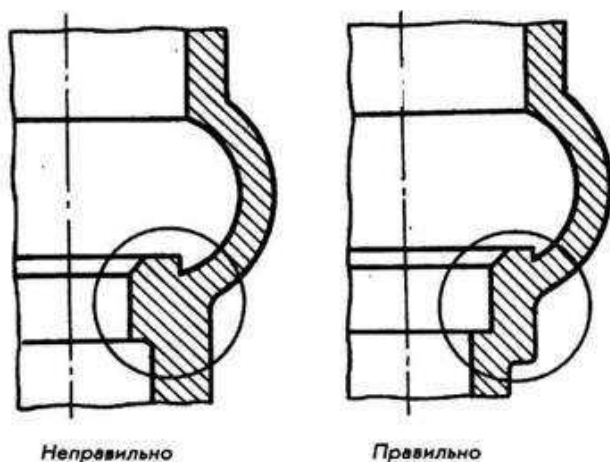


Рис. 42.

Опорные буртики и переходная поверхность делаются толще, чем основная часть детали (рис. 43).

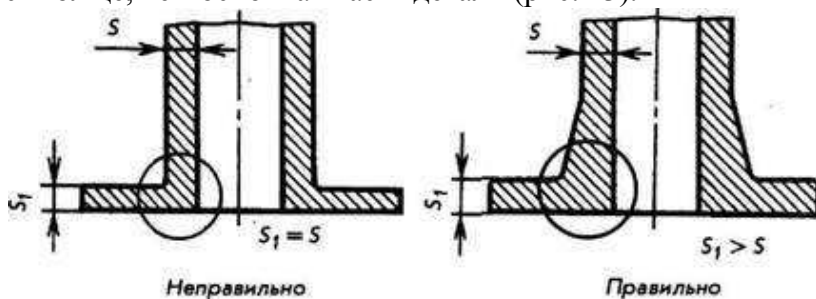


Рис. 43

Для усиления связи между элементами литых деталей, для повышения их прочности и жесткости следует предусматривать ребра (рис.44).

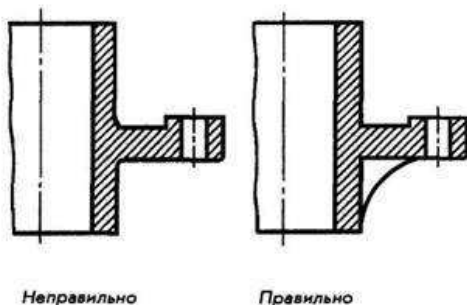


Рис. 44.

На деталях, изготовляемых литьем, в местах сквозных отверстий зачастую предусматриваются бобышки или приливы. Высоту бобышки (h) обычно принимают не более $0,7 s$, где s — толщина стенки, на которой находится бобышка (рис. 45). Наружный диаметр бобышки (D) рекомендуется назначать с учетом толщины стенки отливки, на которой расположена бобышка, и диаметра сквозного отверстия: $D \gg 1,2 d = (4 \dots 8)s$.

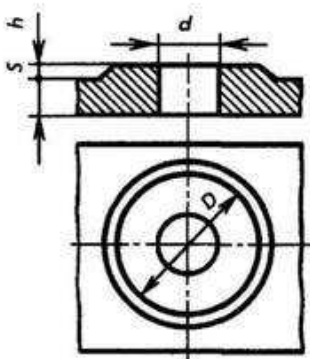


Рис. 45.

5. Технологичность сборочных соединений

Основные требования технологичности сборочных соединений заключаются в следующем:

1 — для удобства и обеспечения нормальной сборки и контроля размеров пробками и скобками-калибрами на деталях предусматриваются фаски. В случае их отсутствия на деталях усложняется процесс соединения, что может привести к повреждению (задиру) сопрягаемых поверхностей (рис. 46);

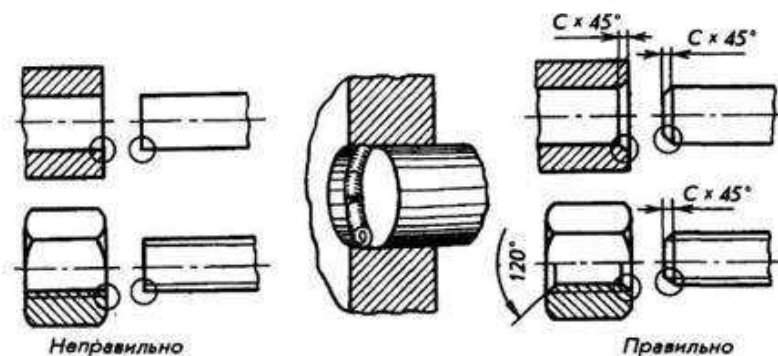
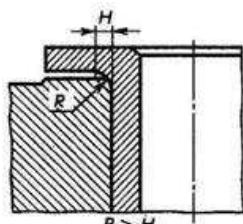


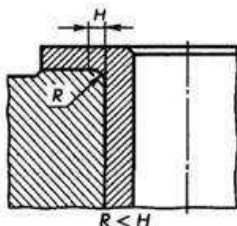
Рис. 46.

2 — для обеспечения полного прилегания соприкасающихся деталей радиус закругления (галтели) делают меньше высоты фаски (рис. 52);



$R > H$

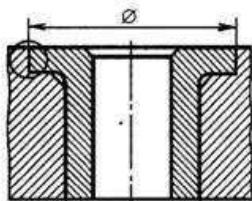
Неправильно



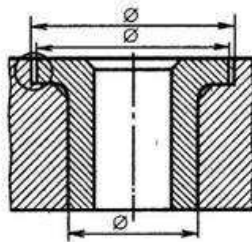
$R < H$

Правильно

Рис. 171



Неправильно



Правильно

Рис. 47.

3 — центрировка деталей производится по одной поверхности, при этом следует избегать пригонки по нескольким поверхностям (рис. 47);

4 — при соединении деталей по коническим поверхностям на последних не должно быть никаких выступающих поясков, буртиков и т. д., так как это мешает правильной посадке и затяжке детали на конусе (рис. 48);

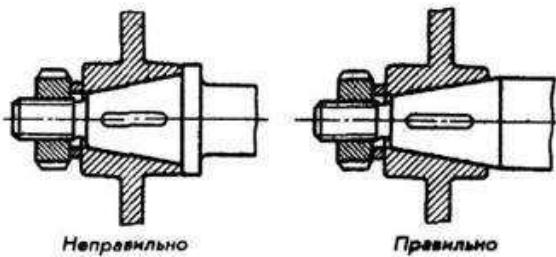


Рис. 48.

5 — при соединении деталей с выступающими буртиками соприкосновение их следует обеспечивать только по одной поверхности. В этом случае будет гарантирована правильная посадка одной детали в другую и полная затяжка соединения (рис. 49);

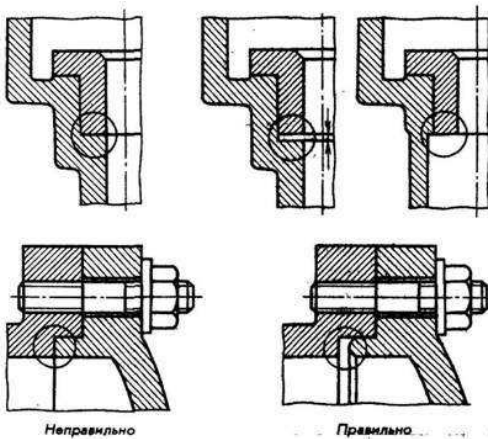


Рис. 49.

6 — при правильной посадке шкива (подшипника, зубчатого колеса и т. д.) на вал между торцами вала и ступицы шкива должен оставаться небольшой зазор (X), который дает возможность произвести затяжку соединения (рис. 50);

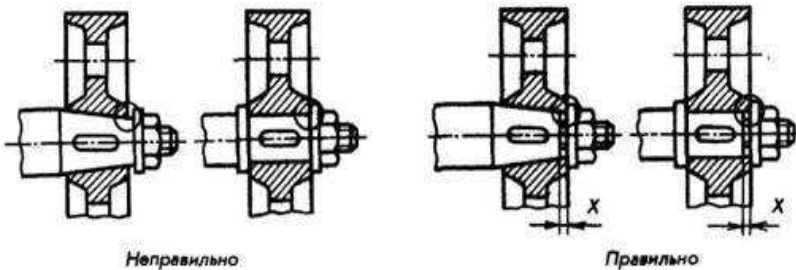


Рис. 50

7 — при конструировании деталей, подлежащих соединению с помощью болтов, целесообразно предусматривать средства, предотвращающие поворачивание болта при затяжке (рис. 51);

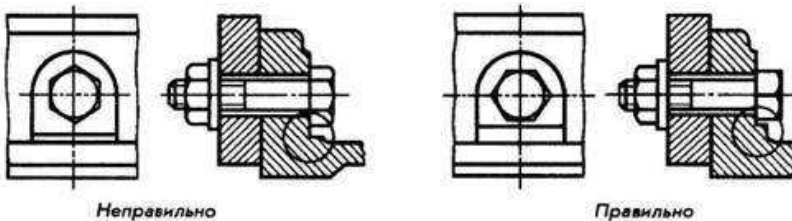


Рис. 51.

8 — чтобы облегчить сборку данной сборочной единицы, необходимо заранее предусмотреть последовательность посадки подшипников. Сначала осуществляется посадка одного из них в корпус, затем другого, за счет разности расстояний (X) между подшипниками, смонтированными на валу и местами их посадки в корпусе (рис. 52).

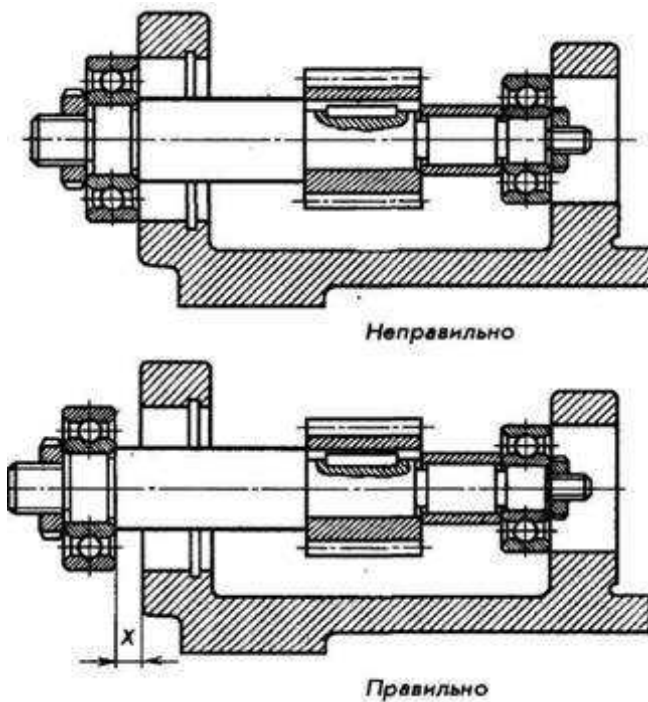


Рис. 52.

Технологичность сварных соединений

Технологические требования к сварным заготовкам деталей машин определяются конструкцией их элементов III, способом сварки I, конструкцией и расположением соединений II. При конструировании свариваемых деталей необходимо предусмотреть и обеспечить надежность сварки и доступ к свариваемому месту (рис. 53).

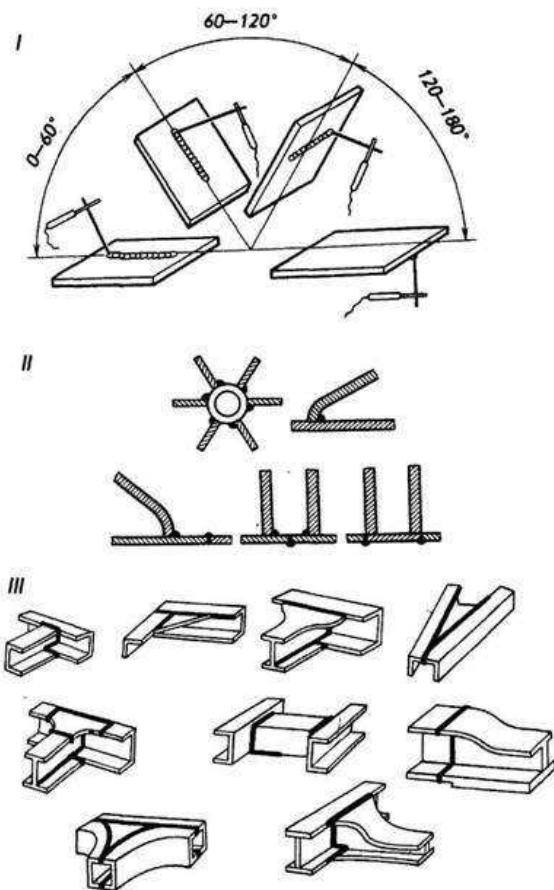


Рис. 53.
Ремонтная технологичность соединенных деталей

Ремонтная технологичность конструкции — это прежде всего показатель ее **ремонтпригодности**, т. е. показатель возможности проведения комплекса работ для поддержания и восстановления исправности и работоспособности изделия.

Технологичность конструкции изделия в связи с ее дальнейшим ремонтом предусматривает удобство и сокращение трудоемкости ремонтных работ, необходимых для восстановления работоспособности изделия, приспособленность изделия к восстановлению до первоначальных или ремонтных размеров с применением прогрессивной технологии восстановительных работ (например, использование сменных частей на быстроизнашивающихся деталях, возможность перестановки односторонне изнашивающихся деталей для их работы другой стороной и т. д.). При конструировании изделий необходимо заранее предусматривать возможность и удобство сборки и разборки их. Вот некоторые рекомендации:

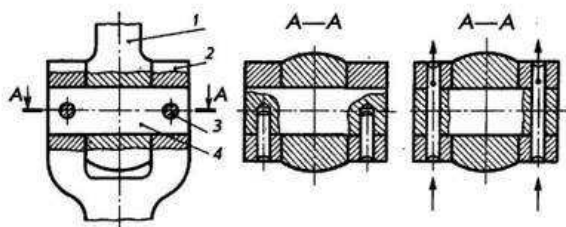


Рис. 179

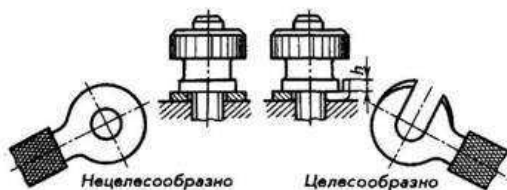


Рис. 54.

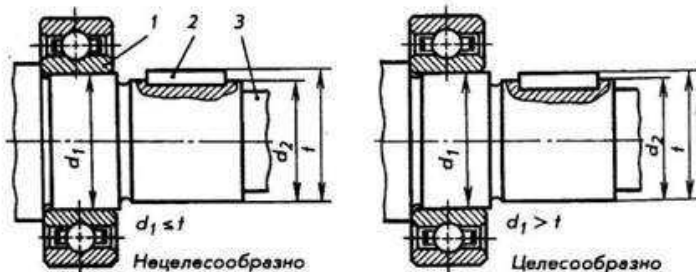


Рис. 55.

1 - отверстия под цилиндрические штифты (при запрессовке их в вилку шатуна 2) надо выполнять сквозными. Это позволит выколачивать штифты 3 при переработках соединения, иначе их придется высверливать (рис. 55), цифрами 1 и 4 обозначены поршень и втулка; 2 - чтобы наконечных можно было снимать и надевать, не свинчивая зажимной гайки, ему надо придать форму вилки (рис. 56);

3 - необходимо заранее проектировать такое соотношение диаметров d_1 и d_2 вала, при котором подшипник 1 будет свободно проходить через посаженную на вал 3 шпонку 2, иначе при смене подшипника шпонку придется выбивать, а затем снова устанавливать.

Технологичность и эргономика

В числе требований, предъявляемых к изделиям машиностроения, в последнее время все большее значение приобретают требования эстетики, психологии, физиологии и безопасности труда. Практика показывает, что если изделие удачно решено с точки зрения технической эстетики и психологии, то оно обладает также техническими и технологическими достоинствами.

Глубокий функциональный и эргономический анализ проектируемой конструкции обеспечивает правильность и надежность работы изделий. На рис. 56 приводится схема связей между функциональным назначением изделия, материалом, формой, размерами и прочими факторами.



Рис. 56.

Для того чтобы различные машины, инструменты и приспособления не являлись источником профессиональных заболеваний и преждевременного утомления, а следовательно, и снижения производительности труда, Чтобы работа на этих машинах и с инструментами доставляла удовольствие, необходимо соблюдать много различных требований. Некоторые из них приведены ниже:

1 — размер каждого изделия, а также режим и усилие, необходимые в работе, должны соответствовать возможностям человека. Так, например на рис. 57 показаны оптимальные размеры вращающихся кнопок, головок и маховичка, предназначенных для регулируемой аппаратуры. Как видно из рисунка, их величина и форма зависят от того усилия, которое необходимо будет прикладывать к ним во время работы.

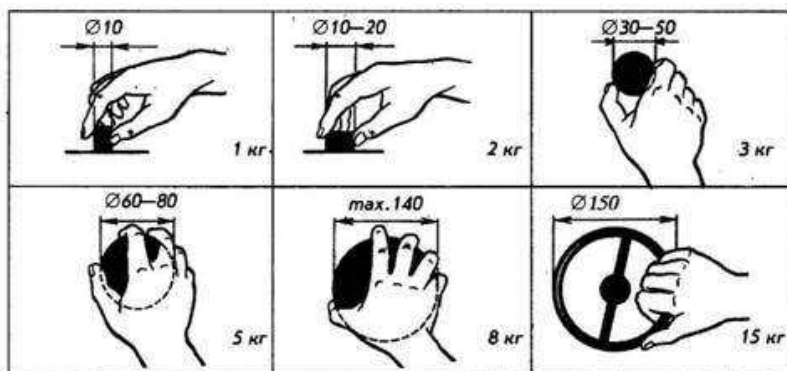


Рис. 57.

На вращающейся головке, расположенной сбоку аппарата, прибора, установки, можно развивать значительно большее усилие, чем на расположенной фронтально или горизонтально. Вращающаяся головка не должна быть слишком низкой (менее 5 мм), глубоко и остро про-

филированной. Рекомендуется четное число (лучше всего 6) выемок для пальцев по окружности головки; трех- или пятигранные звездообразные головки практически неудобны (рис.58).

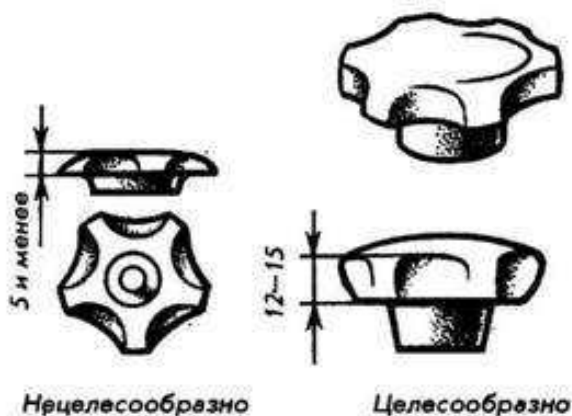


Рис. 58.

Величина маховичков (их диаметр) выбирается в зависимости от прилагаемого к ним необходимого усилия в соответствии с табл. 5;

Табл. 5

Момент силы, Н x м (кгс)	Диаметр маховичка, мм
10 ... 20	150
20 ... 30	250
30 ... 40	350
40 ... 50	400

2 — органы управления машиной, рукоятки инструментов и т. д. должны иметь такую конфигурацию, которая, с одной стороны, не повреждала бы рук работающего, с другой — обеспечивала наибольшее удобство в работе.

У рукояток современных отверток, имеющих круглую

в сечении форму и гладкую поверхность, как правило, нет опорных площадок. При работе с такими отвертками можно повредить кожный покров ладони, к тому же при длительной работе устают мышцы руки.

Физическая сила, затрачиваемая при работе с отверткой, распределяется между двумя одновременно выполняемыми действиями: давящим — по отношению к закручиваемой детали; крутящим — в пределах предполагаемой оси.

Анализ распределения физического усилия на пальцы и даже фаланги руки (рис. 59, I) позволил сконструировать рукоятку, обеспечивающую наибольшее удобство в работе. Поверхность такой рукоятки (рис. 59, II) разделена на три части, образующие подобие треугольной усеченной пирамиды, что создает хорошую опору для руки и равное распределение давления пальцами руки на поверхность рукоятки. Плавные переходы граней этой пирамиды создают впечатление равномерной округлости ее формы;

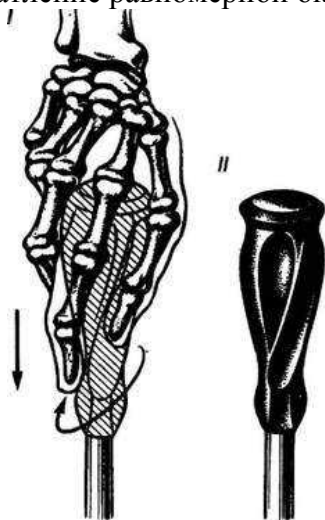


Рис. 59.

3 — проектируемые машины и механизмы не должны создавать излишний шум во время работы, вызывать сотрясения и вибрации, выделять нежелательные продукты в виде пыли и газа сверх предусмотренных норм. Они должны быть простыми, удобными и безопасными в обслуживании;

4 — немалое влияние на повышение производительности труда и снижение производственного травматизма оказывает комплексное решение всей производственной среды, в которую входит предметное окружение в виде внешнего вида станка, инструмента, приспособления и др., спроектированных с учетом эстетических и психологических факторов. В этом случае снимается утомление, повышается внимание к выполняемым рабочим операциям и создается приятная рабочая обстановка.

Общий показатель соответствия изделия требованиям технической эстетики можно в общем случае вывести, рассмотрев комплекс следующих показателей:

1. Показатели экономического и психологического воздействия на человека: удобство пользования отдельными изделиями и органами управления; целесообразность решения органов визуальной информации; удобство в обслуживании и эксплуатации; степень учета физиологических и психологических требований при выборе формы и цвета изделия.

2. Композиционное и тектоническое* совершенство изделия: соответствие формы изделия его назначению; соответствие формы изделия материалу и технологии; композиционное единство, целостность формы, пропорциональность, масштабность и выразительность частей; соответствие общего стиля формы и отделки окружающей среде и современным вкусам; соответствие декоративных элементов форме и функциональному назначению изделия.

3. Показатели товарного вида: качество поверхности

(покрытия и обработка); выразительность фирменных и указательных знаков; сопроводительная документация, ее рекламные и информационные качества; качество упаковки.

В главе I уже упоминались два класса межотраслевой системы стандартов, касающиеся эргономики. Это 29-й класс — Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения, и 30-й класс — Система стандартов эргономики и технической эстетики (ССЭТЭ).

Обе системы распространяются на используемые в производстве и быту изделия и устанавливают номенклатуру эргономических показателей качества промышленных изделий: гигиенические, антропометрические, физиологические, психофизиологические и психологические.

* Под тектоникой следует понимать конструктивно-структурную Систему изделия, выраженную в художественной форме. Тектоника проявляется во взаимном расположении и соотношении несущих и весомых частей предмета, в характере членения и ритмическом строе форм, в пропорциях объекта и др.

Тема 6. «Неразъёмные соединения»

Заклёпочные соединения

В заклепочных соединениях функцию соединительных элементов выполняют заклепки — стержни 1 круглого поперечного сечения с головками на концах. Непоставленные в соединение заклепки имеют по одной головке, которая называется закладкой 3; вторая головка образуется в процессе клепки, ее называют замыкающей 2. Головки заклепок могут быть различной формы.

Соединение заклепками относится к неразъёмным соединениям. Чтобы разобрать это соединение, необходимо вырубить или высверлить заклепки.

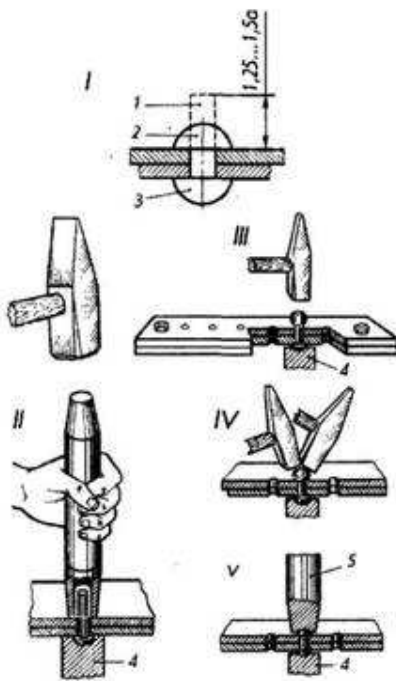


Рис. 60.

Приемы соединения деталей заклепками показаны на рис. 60. В соединяемых деталях сверлят отверстия несколько большего диаметра, чем диаметр стержня заклепки. В отверстие вставляют заклепку (рис. 60, I) и вначале сжимают (осаживают) соединяемые детали (рис. 60, II), пользуясь для этого снизу поддержкой 4 с выточкой по форме головки. Затем заклепывают свободный конец заклепки (рис. 60, III) и для образования полукруглой замыкающей головки пользуются обжимкой 5.

В серийном и массовом производстве применяется механическая клепка, осуществляемая пневматическими молотками, клепальными машинами и прессами. Способ клепки пневматическим молотом показан на рис. 61.

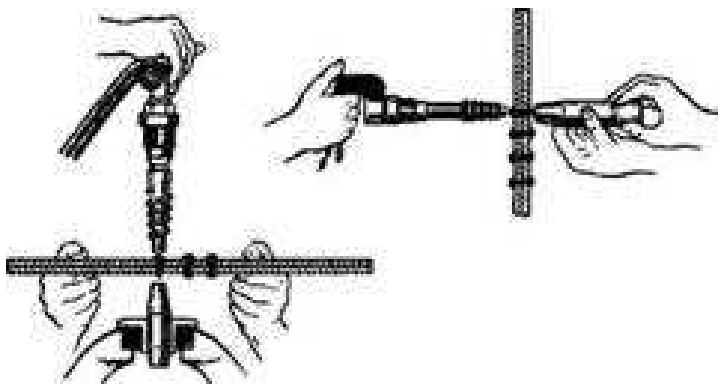


Рис. 61.

Стандартом предусмотрено несколько типов заклепок нормальной точности общего назначения, основными из которых в общем машиностроении являются: с полукруглой головкой ГОСТ 10299-80 (рис. 62, I); с потайной головкой ГОСТ 10300-80 (рис. 62, II); с полупотайной головкой ГОСТ 10301-80 (рис. 62, III) и др.

В тех случаях, когда нет доступа к зоне замыкающей головки, применяют взрывные заклепки (рис. 62, IV) с частично полым стержнем, заполненным взрывчатым веществом.

Для слабонагруженных соединений применяют иногда трубчатые заклепки (их называют также пистонами), для соединения металлических деталей — заклепки, показанные на рис. 62, V, а для податливых материалов (кожи, некоторых пластмасс и др.) — показанные на рис. 62, VI.

В настоящее время для соединения металлоконструкций больших перекрытий находят применение так называемые болты-заклепки.

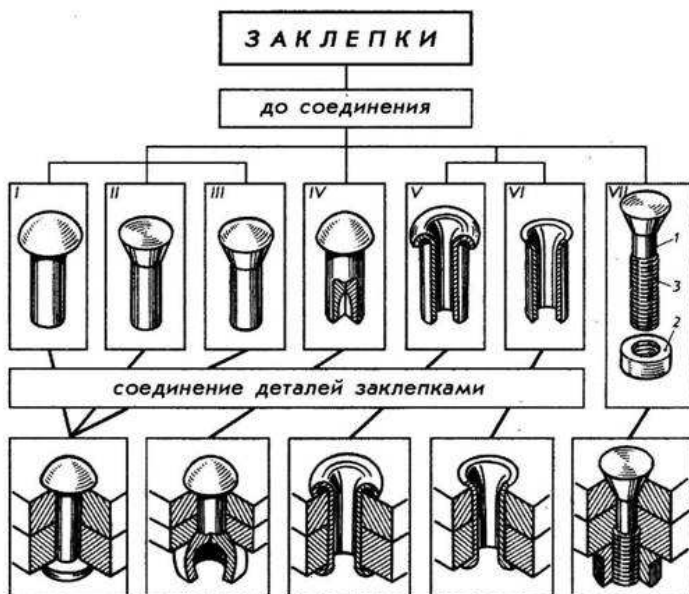


Рис. 62.

Болт-заклепка (рис. 62, VII) состоит из двух деталей: стержня 1 и кольца 2. При соединении деталей болтом-заклепкой зажимы специального устройства захватывают нижний ее конец (хвостовик 3 с проточками — ребрами) и, упираясь в соединяемые детали выступами, оказывают усилие растяжения на стержень. Одновременно на стержень болта-заклепки одевается кольцо, прижимается с усилием к соединяемым деталям и обжимается за средний участок стержня с накатанными кольцевыми проточками (ребрами). После обжатия кольца в шейке стержня происходит отрыв хвостовика.

По назначению клёпаные швы делятся на два вида: прочные, применяемые для соединения ферм, мостов, радиомачт, подвижных кранов и т. п.; плотные, используемые при изготовлении баков, сосудов, резервуаров и т. п.

(такие швы должны обладать высокой герметичностью).

По характеру расположения соединяемых деталей различают: соединения внахлестку (рис. 63, I, II, III), когда один лист накладывают на другой;

соединения встык, когда листы подводят встык и соединяют наложенной на них одной (рис. 63, IV, IX) или двумя накладками.

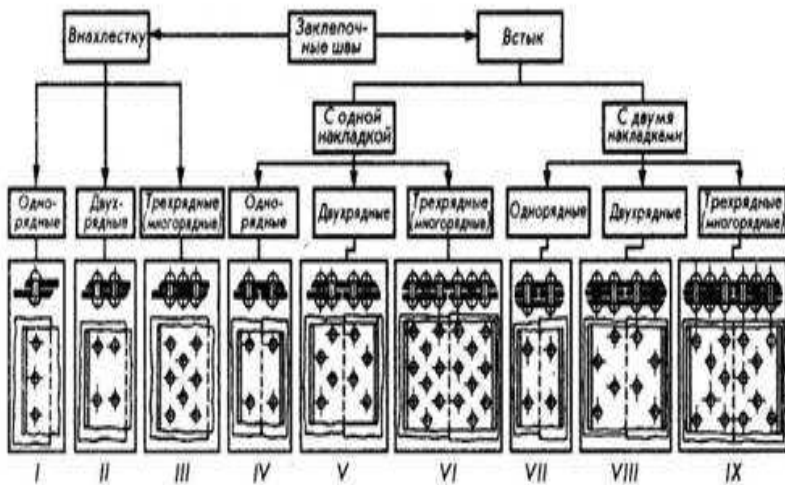


Рис. 63.

По расположению заклепок швы делятся на однорядные (рис. 63, I, IV, IX), двухрядные (рис. 63. II, III, VIII и рис. 64), многорядные (рис. 63, III, VI, IX) — параллельные (рис. 65, I) и шахматные (рис. 65, II). Необходимое количество заклепок, их диаметр и длину определяют расчетным путем. Диаметр заклепок выбирают в зависимости от толщины склепываемых листов по формуле

$$d = \sqrt{2s},$$

где: d — диаметр заклепки, мм;

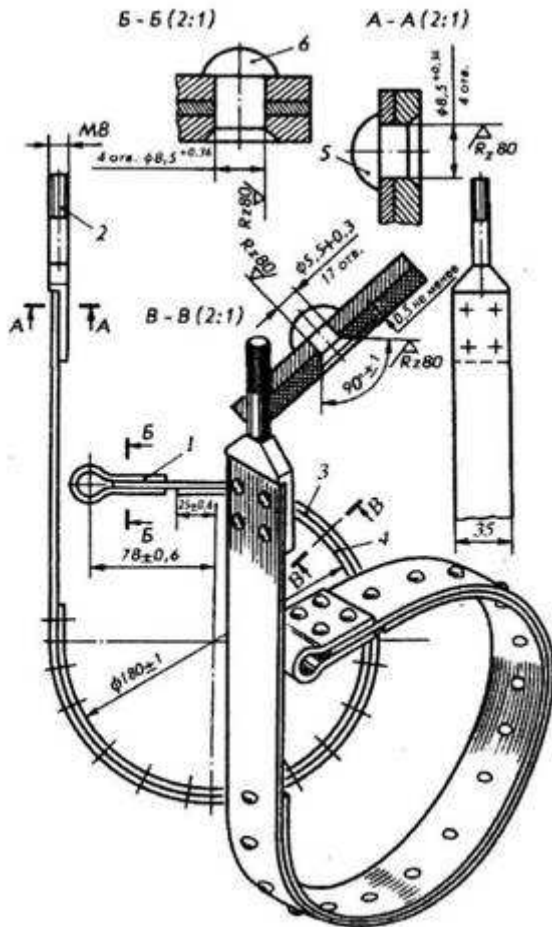


Рис. 64.

Расстояние между центрами отверстий для заклепок (шаг заклепок — t) и расстояние от центра заклепки до края листа (размер a) при параллельном и шахматном расположении заклепок указаны на рис. 65.

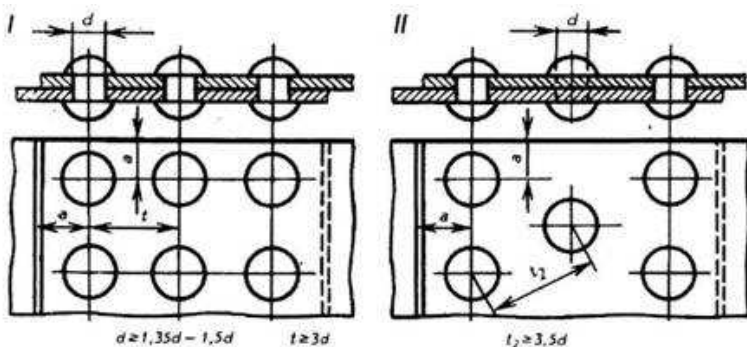


Рис. 65.

Длина стержня заклепки зависит от толщины склепываемых листов и формы замыкающей головки. Замыкающая головка образуется из выступающей части стержня. Длина этой части стержня для образования полукруглой головки составляет $1,2...1,5d$, а для потайной или полупотайной головки $0,8...1,2d$.

Полная длина стержня при клепке с образованием полукруглой замыкающей головки рассчитывается по формуле $I = S + (1,2...1,5)d$, а при потайной или полупотайной клепке по формуле $I = S + (0,8...1,2)d$, где: I — длина стержня, мм; S — толщина склепываемых листов, мм; d — диаметр заклепки, мм.

Заклепки изготовляют как из стали различных марок, так и из сплавов цветных металлов. Стали для заклепок, как правило, выбирают малоуглеродистые, обладающие высокой пластичностью, например Ст.2, Ст.3. В специальных случаях заклепки изготовляют из легированных сталей.

Для склепывания деталей из цветных металлов и их сплавов применяют заклепки из цветных сплавов, например латуни Л63, магниевого литейного сплава Мл3, алюминиевого сплава АД1.

Сварные соединения

Общие сведения

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений посредством местного нагрева и расплавления кромок, соединяемых поверхностей металлических деталей. Сваркой можно соединять также термопластичные пластмассы (такая сварка осуществляется горячим воздухом или разогретым инструментом).

Сварка имеет ряд преимуществ перед клепаными соединениями:

1. Экономия металла. В сварных конструкциях стыки выполняются без вспомогательных элементов, утяжеляющих конструкцию, в клепаных — посредством накладок. В сварных конструкциях масса наплавленного металла, как правило, составляет 1...1,5% и редко превышает 2% массы изделия, в то время как в клепаных масса заклепок достигает 3,5...4%;

2. Снижение трудоемкости изготовления. Для заклепочного соединения требуется сверлить отверстия, которые ослабляют соединяемые детали, точно размечать центры отверстий, зенковать под потайные заклепки, применять много разнообразных приспособлений и т. п. В сварных конструкциях не требуется выполнять перечисленные предварительные операции и использовать сложное вспомогательное оборудование;

3. Уменьшение стоимости изделий. Стоимость сварных изделий ниже клепаных за счет уменьшения массы соединений и трудоемкости их изготовления;

4. Увеличение качества и прочности соединения. Сварные швы создают по сравнению с клепаными абсолютно плотные и герметичные соединения, что имеет исключительно большое значение при изготовлении резервуаров, котлов, вагонов, цистерн, трубопроводов и т. д.

К технологии сварочных работ относятся различные процессы, иногда даже противоположные по своему характеру. Например: резка металлов и других материалов, наплавка, напыление и металлизация, упрочнение поверхности. Однако основная и главная задача — получение неразъемных соединений между одинаковыми или различными металлами и неметаллическими материалами в самых разнообразных изделиях.

Форма и размеры таких соединений меняются в широких пределах от сварной точки в несколько микрометров (рис. 72), соединяющей полупроводник с проводником в какой-либо микросхеме радиоэлектроники, до нескольких километров сварных швов 1, которые выполняются при строительстве морских судов. Материалы для изготовления сварных конструкций весьма разнообразны: алюминий и его сплавы, стали всех типов и назначений, титан и его сплавы и даже такой тугоплавкий металл, как вольфрам (температура плавления $\sim 3400^\circ\text{C}$).

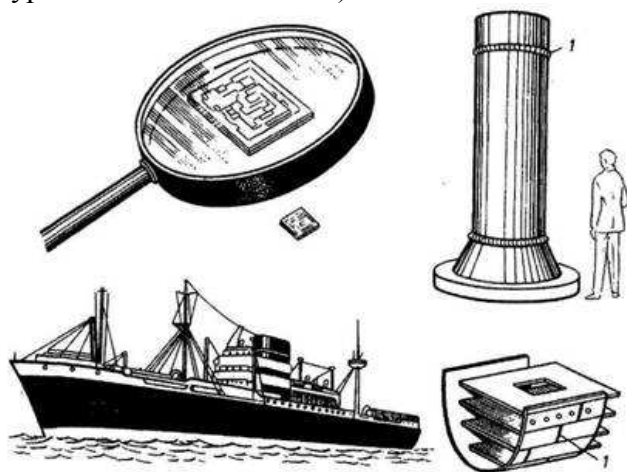


Рис. 66.

Также различны по своим свойствам неметаллические материалы, подвергающиеся сварке: полиэтилен, полистирол, капрон, графит, керамика из окиси алюминия и др.

Пайка, хотя и отличается по своей природе от сварки, также относится к области сварочной технологии и находит очень широкое применение в приборостроении и машиностроении, кроме того ее начинают применять даже в строительных конструкциях.

С каждым годом применение сварки в народном хозяйстве расширяется, а клепки — сокращается. Однако сварные соединения имеют существенные недостатки — термические деформации, возникающие в процессе сварки (особенно тонкостенных конструкций); невозможность сваривания деталей из тугоплавких материалов.

Классификация основных видов сварки показана на рис. 67. Все способы делятся на две группы: сварка плавления и сварка давлением.

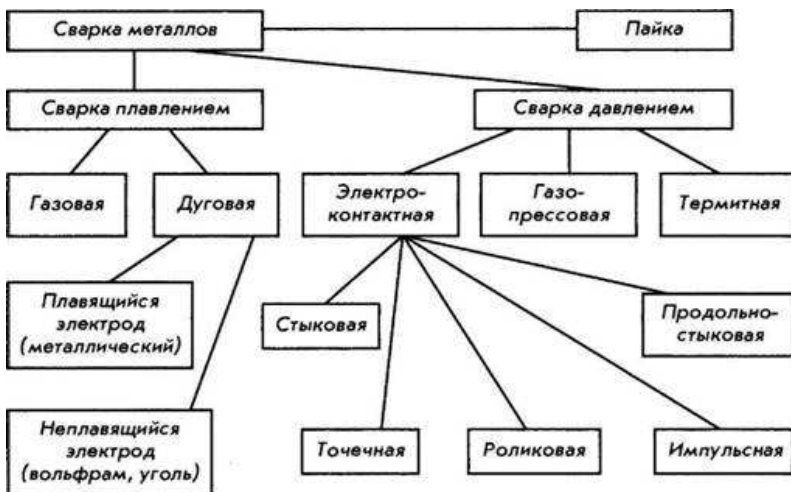


Рис. 67.

Сварка плавлением

Сварка плавлением — это процесс соединения двух деталей, или заготовок в результате кристаллизации общей сварочной ванны, полученной расплавлением соединяемых кромок. Источник энергии при сварке плавлением должен быть большой мощности, высокой сосредоточенности, то есть концентрировать выделяющуюся энергию на малой площади сварочной ванны и успевать расплавлять все новые и новые участки металла, обеспечивая этим определенную скорость процесса.

Процесс сварки (2 — сварочный шов) плавлением осуществляется источником энергии 1, движущимся по свариваемым кромкам 3 с заданной скоростью (рис. 68). Размеры и форма сварочной ванны зависят от мощности источника и от скорости его перемещения, а также от теплофизических свойств металла.

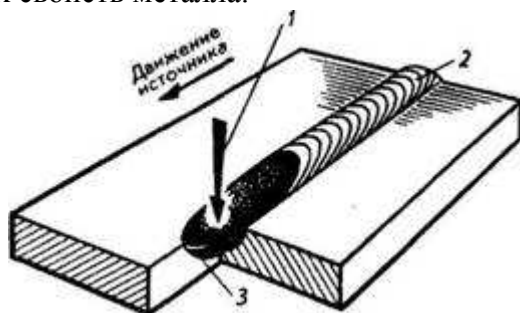


Рис. 68.

В сварном соединении принято различать три области (рис. 69): основной металл — соединяемые части будущего изделия, предназначенного для эксплуатации; зона термического влияния (околошовная зона) — участки металла, в которых он находится некоторое время при высокой температуре, доходящей на линии сплавления до тем-

пературы плавления металла; сварной шов — металл шва, представляющий литую структуру с характерными особенностями.

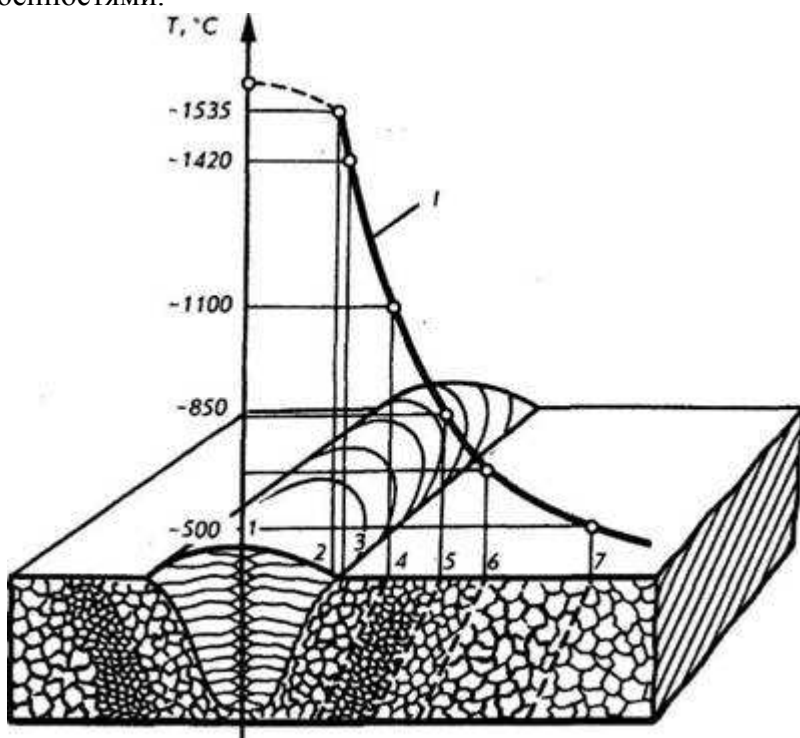


Рис. 69.

Каждый вид сварочного процесса имеет свои особенности и находит применение в той или иной сфере производства, где он дает необходимое качество изделия и экономически целесообразен. Наиболее широкое применение для сварки металлов плавлением нашли газовая и дуговая виды сварки.

При газовой (или автогенной) сварке в качестве источника энергии используют пламя ацетиленокислородной

горелки (рис. 70), имеющей высокую температуру (около 3000°C) и значительную мощность, зависящую от количества ацетилена (8 — редуктор для регулирования величины подачи газа), сгорающего в секунду. Кислород 1 из кислородного баллона 10 и ацетилен 2 из ацетиленового баллона 9 подаются по шлангам 7 в газовую горелку, где образуется горючая смесь 3. На выходе из сопла горелки возникает пламя. Когда нагреваемое место свариваемых деталей доводится до расплавленного состояния, к пламени подводят присадочный материал 4, который, расплавляясь вместе с кромками детали 5, образует сварочный шов 6.

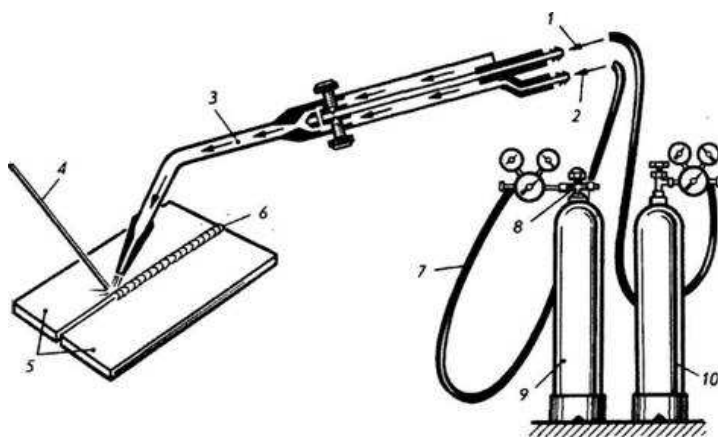


Рис. 70

Дуговая сварка. При дуговой сварке (рис. 77) в качестве источника энергии 2 используется электрический дуговой разряд 3, возникающий при присоединении свариваемых деталей 1 к одному, а электрода 4 — к другому полюсу источника тока. Движение электрода с дуговым разрядом и подведенным в его зону присадочным материалом (в виде прутка) 5 относительно кромок изделия заставляет перемещаться сварочную ванну, образующую сварной шов 6.

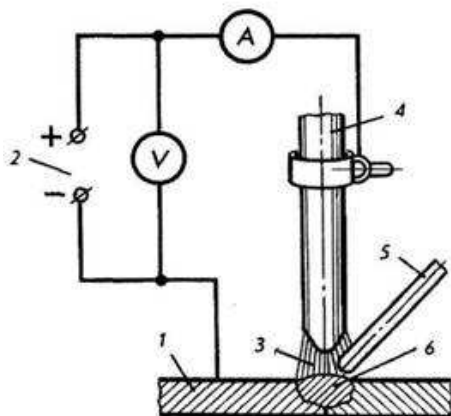


Рис. 71.

Электрошлаковая сварка применяется для автоматической сварки вертикальных швов из металла большой толщины.

Электрошлаковая сварка. При электрошлаковой сварке (рис. 72) свариваемые детали устанавливают вертикально и собирают под сварку с зазором между кромками. Электродные проволоки 5 (их может быть несколько и притом разного состава) подаются силовыми роликами 4 через изогнутые токопроводящие мундштуки 6 в зазор между свариваемыми деталями 1. В процессе сварки автомат движется вверх по направляющим, а мундштуки совершают колебательные движения, подавая проволоки в жидкую шлаковую ванну 2, в которой они расплавляются при температуре T равной 1539°C вместе с металлом сплавляющихся кромок и образуют сварной шов 8. Жидкая шлаковая и металлическая ванны удерживаются поднимающимися вместе с автоматом медными ползунами 7, охлаждаемыми изнутри водой. Шлак 3, отделяясь от металла, всплывает.

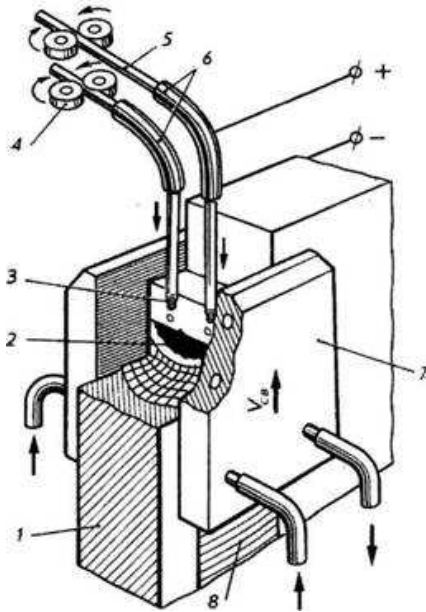


Рис. 72.

Плазменная сварка. При плазменной сварке используют дуговой разряд в плазматроне, который дает плазменную струю 1 с очень высокой температурой (рис. 73).

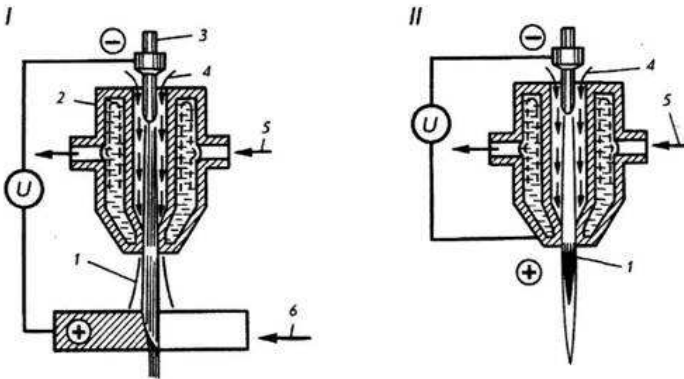


Рис. 73.

Плазматрон представляет собой прибор 2, в котором дуговой разряд 3 возбуждается в канале 4, и давлением газа (аргона, азота, воздуха) столб дуги растягивается и вырывается из сопла, охлаждаемого проточной водой 5, за пределы плазматрона. Может быть два типа плазматронов: с собственным анодом, на который замыкается разряд за счет дрейфа электронов, или дугой косвенного действия — дуговой разряд возникает между двумя электродами, но не замыкается на изделие 6. В сварочной технике чаще используют плазматрон второго типа. Плазменная сварка и обработка материалов нашла широкое применение в промышленности.

При сварке алюминиевых сплавов качество сварных соединений зависит от надежности защиты зоны сварки инертным газом и от подготовки кромок изделия.

Аргонодуговая сварка. Так для аргонодуговой сварки (3 сопло) алюминия применяют плавящийся электрод-проволоку 7, совпадающую по составу с основным металлом свариваемых изделий 2 или неплавящийся вольфрамовый электрод (рис. 74). Для ответственных конструкций чаще применяют последний метод, при этом присадочный металл подают сбоку непосредственно в дуговой разряд 4, 5, 6 или в сварочную ванну 1 рядом с дуговым разрядом.

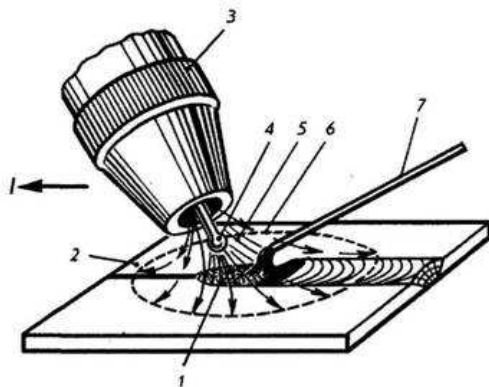


Рис. 74

Аргонодуговую сварку применяют также для соединения деталей из титана и его сплавов. Титан — металл, напоминающий по внешнему виду сталь, обладает также весьма высокой химической активностью, несколько уступая в этом отношении алюминию. Титан имеет температуру плавления — 1668°C .

При обычной температуре титан очень устойчив к воздействию окружающей среды, так как закрыт окисной пленкой. В таком пассивном состоянии он даже устойчивее, чем коррозионно-стойкая сталь. При высоких температурах окисный слой перестает защищать титан. При температуре выше 500°C он начинает активно реагировать с окружающей средой. Поэтому титан и его сплавы можно сваривать (рис. 75) только в защитной атмосфере аргона, с которым он реагировать не может.

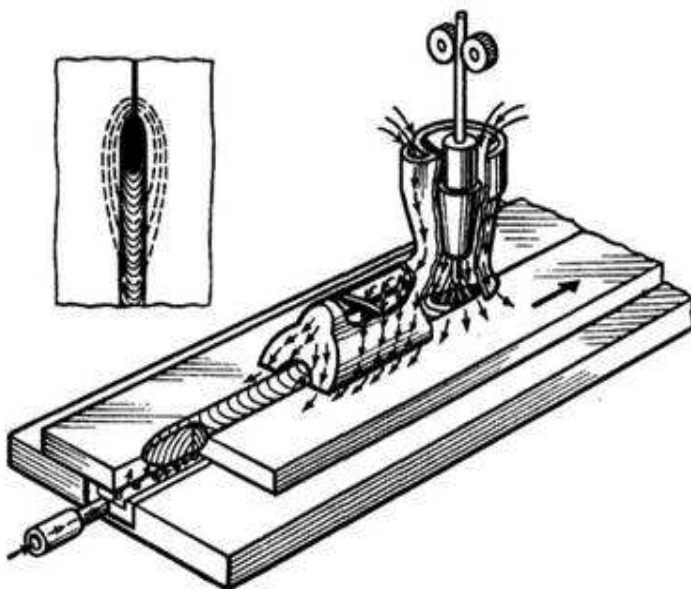


Рис. 75

Сварка давлением

Сварка давлением — это процесс соединения поверхностных слоев деталей. При соединении происходит активная диффузия частиц, ведущая к полному исчезновению границы раздела и к прорастанию через нее кристаллов.

В современном машиностроении и приборостроении сварку давлением осуществляют несколькими путями в зависимости от типа изделий и требований, которые к ним предъявляются.

Контактная сварка широко применяется в машиностроении для изготовления изделий и конструкций, главным образом из сталей. Она относится к сварке с применением нагрева и давления. Нагрев осуществляется электрическим током, который проходит через место контакта двух свариваемых деталей. Давление, необходимое для сварки, создается или электродами, подводщими электрический ток, или специальными приспособлениями.

Различают три разновидности контактной сварки: точечную — отдельными точками (рис. 76), применяемую для тонколистовых конструкций из стали (например, кузова автомашин). Свариваемые заготовки 1 зажимаются между электродами 2, через которые проходит электрический ток большой силы от вторичной обмотки понижающего трансформатора 3, Место контакта свариваемых частей разогревается до высокой температуры, и под давлением усилия F происходит сварка; стыковую — оплавлением или давлением (рис. 77), применяемую для изготовления металлорежущего инструмента и др. В этом случае свариваемые детали 1 с силой стыкуются и удерживаются зажимами 2, к которым подводится электрический ток; роликовую (рис. 107, где 1 — свариваемые детали; 2 — ролики; 3 — электроды; 4 — источник энергии) — обеспечивающую непрерывный (герметичный) или прерывистый шов.

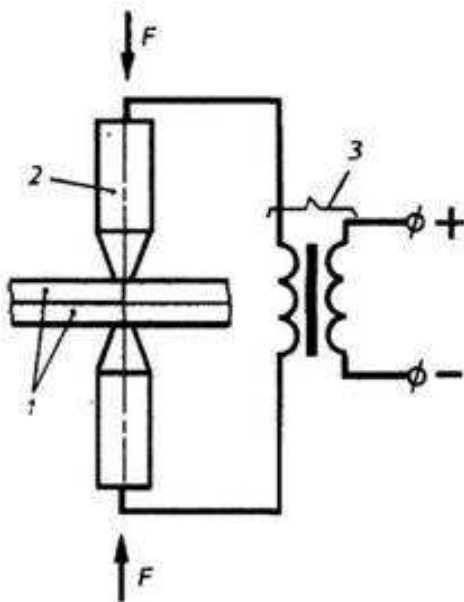


Рис. 76.

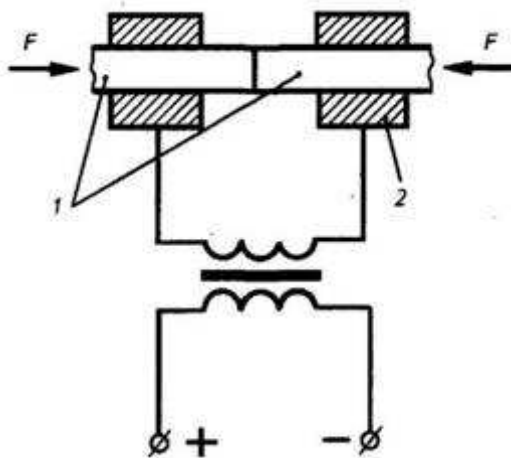


Рис. 77.

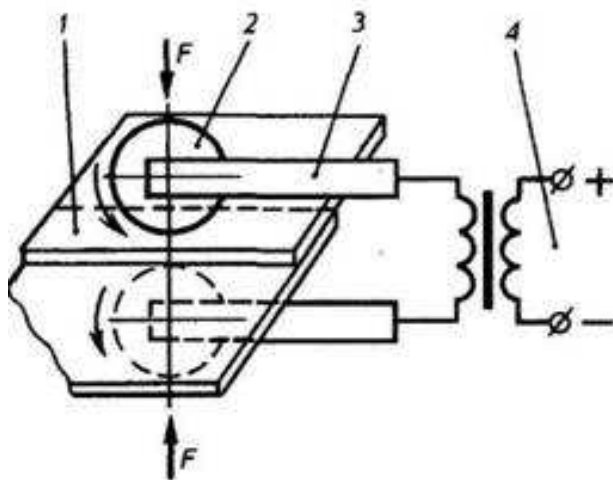


Рис. 78.

В строительных конструкциях и в машиностроении сварка — основной способ получения неразъемных соединений деталей из сталей всех марок, чугуна, меди, латуни, бронзы, алюминиевых сплавов и пр.

Автоматизация процесса сварки

Широкое распространение сварки в промышленности стимулировало создание оборудования для механизации и автоматизации сварочных процессов. В то же время автоматизация сварки потребовала коренного изменения технологического процесса. В одних случаях сварочный аппарат неподвижен, а изделие перемещается относительно него с заданной скоростью, а в других — устанавливается на самодвижущуюся тележку б — «трактор», идущий по направляющим 2, прикрепленным на неподвижном изделии 1, или рядом с ним (рис. 79).

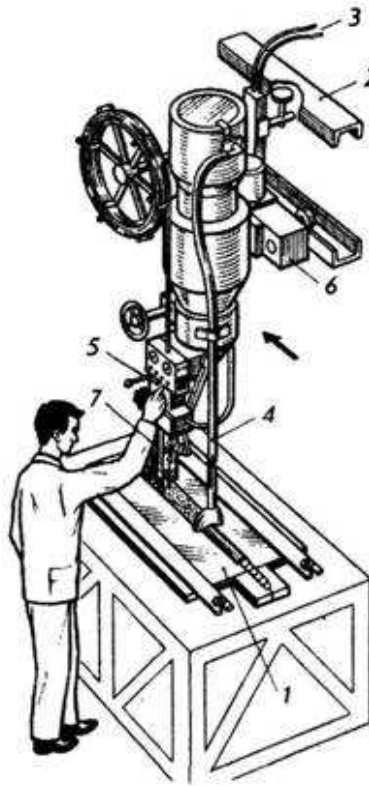


Рис. 79

1 — длина участка. Из рис. 80, II видно, что, чем дальше точка деформируемого сечения отстоит от оси стержня, тем больше ее перемещение по дуге окружности при кручении. Следовательно, по закону Гука и напряжения в различных точках будут различны. Наибольшие напряжения кручения τ_{\max} возникают в наиболее удаленных точках, расположенных на поверхности стержня. Напряжение в любой точке равно $\tau = \rho / (R \cdot \tau_{\max})$, где: τ — напряжение кручения;

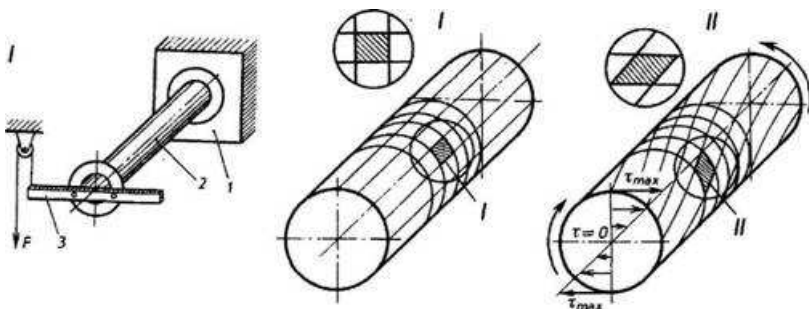


Рис. 80.

r — расстояние точки до оси стержня; R — радиус стержня.

На производстве нашла широкое применение полуавтоматическая дуговая сварка, сущность которой заключается в следующем: механизм подачи электродной проволоки 3,4 и пульт управления 5 устанавливают отдельно от головки или инструмента, сварочная проволока подается по гибкому шлангу, через который также подводится электрическое питание к сварочному инструменту 7.

Функции сварщика в этом случае значительно упрощаются, так как ему нужно двигать только сварочную головку (инструмент) в нужном направлении и на определенной высоте от изделия.

Электронно-лучевая сварка

Этот вид сварки представляет собой результат взаимодействия пучка электронов, ускоренных электрическим полем, с поверхностью металла которой эти электроны отдают накопленную в электрическом поле энергию (энергия торможения), расплавляя и даже частично испаряя ее.

Прототипом оборудования для получения пучка электронов служит рентгеновский аппарат для просвечивания биологических объектов в медицинских целях или исследований. Схема установки для сварки электронным

лучом показана на рис. 81. В камере 2 с глубоким вакуумом (давление $1 \cdot 10^{-4}$ Па и менее) между катодом 3, эмитирующим (обеспечивающим электрическую связь) электроны, и анодом 4, имеющим в середине отверстие, создается поток электронов, или электронный луч 1. Для увеличения плотности энергии электронный луч фокусируют магнитными линзами 5 и 6 и направляют на изделие 7, соединенное с землей. Управление 8 электронным лучом осуществляется магнитным устройством, отклоняющим луч в нужном направлении.

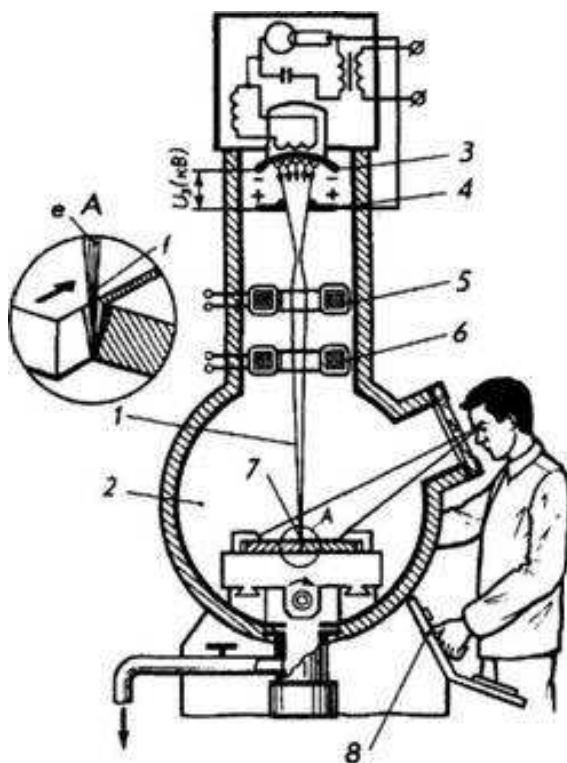


Рис. 81.

Физическая сущность этого процесса сварки заключается в том, что электроны при прохождении электрического поля большой напряженности ускоряются и приобретают большой запас энергии, которую они и передают в виде теплоты свариваемым изделиям.

Недостаток этого метода — необходимость надежной защиты обслуживающего персонала от рентгеновского излучения, вредно влияющего на живые организмы.

Лазерная сварка

Лазер, или оптический квантовый генератор (ОКГ), создает мощный импульс монохроматического излучения за счет оптического возбуждения атомов примеси в кристалле рубина или в газах.

Этот совершенно новый источник энергии высокой концентрации сразу нашел применение в технике связи в промышленности для обработки металлов.

Сущность процесса получения мощного потока световых квантов заключается в том, что атомы любого вещества могут находиться в стабильных и возбужденных состояниях и при переходе из возбужденного состояния в стабильное они выделяют энергию возбуждения в виде квантов лучистой энергии.

Возбуждение атомов может происходить различными путями, но наиболее часто это осуществляется в результате поглощения лучистой энергии.

Схема оптического квантового генератора, или лазера, представлена на рис. 82, где 1 — манипулятор для настройки расположения детали относительно луча; 2 — газоразрядная импульсная лампа; 3 — оптический квантовый генератор; 4 — осветитель места сварки; 5 — рубин (источник, испускающий фотоны); 6 — пульт управления;

7 — бинокулярный микроскоп; 8,10 — свариваемые детали; 9 — световой луч. Атомы какого-либо элемента возбуждаются непрерывным источником энергии (лампы накачки) и электроны этих атомов переходят в новое качество — энергию. Поток квантов энергии (фотонов), направленный на поверхность твердого тела, трансформирует свою энергию в тепловую, и температура твердого тела резко возрастает, так как поток фотонов обладает очень высокой концентрацией энергии.

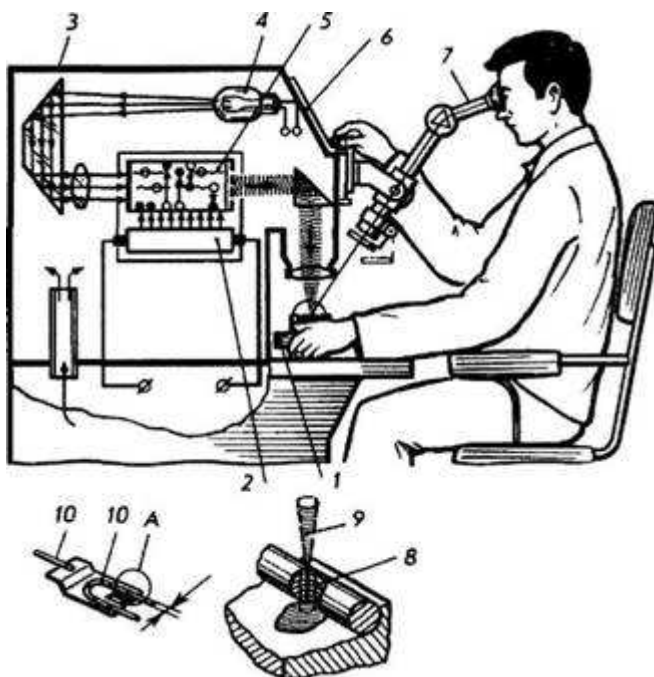


Рис. 82.

Сварка лазером не требует вакуума и идет всегда в импульсном режиме. Режим сварки регулируется частотой

импульсов и некоторым расфокусированием луча до уровня плотности энергии, необходимой для сварки изделия.

Примечание. В промышленности используются и другие виды сварки, как, например, сварка металлов взрывом, химическо-термическая сварка, при которой используется энергия химической реакции и другие.

Виды конструктивных соединений деталей сваркой

Различают следующие виды конструктивных соединений деталей сваркой (рис. 83): стыковое (СЗ); внахлестку (Н1); тавровое (Т1); угловое (У4).

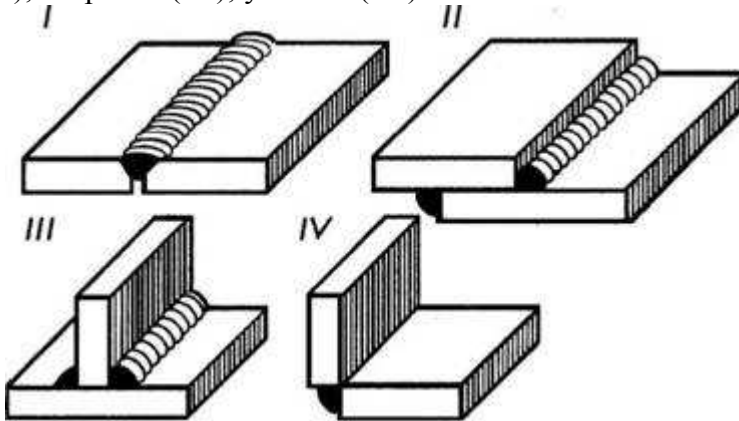


Рис. 111

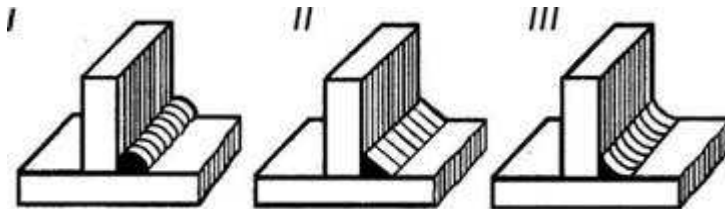


Рис. 83.

По форме получаемого при этом поперечного сечения шва (рис. 84) принято различать: усиленные (выпуклые); нормальные; ослабленные (вогнутые).

Кромки соединяемых деталей в зависимости от технологии сварки (ручная или автоматическая) и расположения шва (свободный доступ к нему с одной или двух сторон) могут быть ровными или специально подготовленными (срезанными) для дальнейшего соединения сваркой.

В зависимости от толщины свариваемых деталей (рис. 84) производят различную подготовку кромок: при толщине металла до 8 мм сварку производят без разделок кромок; при толщине до 26 мм производят F-образную разделку кромок; при толщине более 20 мм сваривают с криволинейным скосом кромок; при толщине металла более 12 мм рекомендуется двусторонняя X-образная разделка кромок.

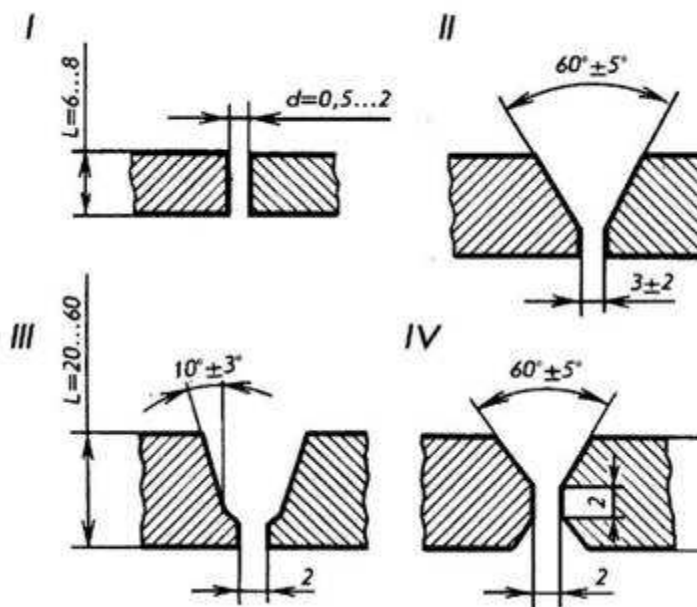


Рис. 84

Широкое распространение получили швы с нормальным очертанием. Длина катета углового шва нормального

очертания называется его толщиной и обозначается буквой K (рис. 85). Длина перпендикуляра, опущенного из вершины прямого угла на гипотенузу (сечение $A—A$), носит название расчетной толщины шва. В швах с формой равнобедренного треугольника расчетная толщина $k_0 = k \sin 45^\circ = 0,7k$.

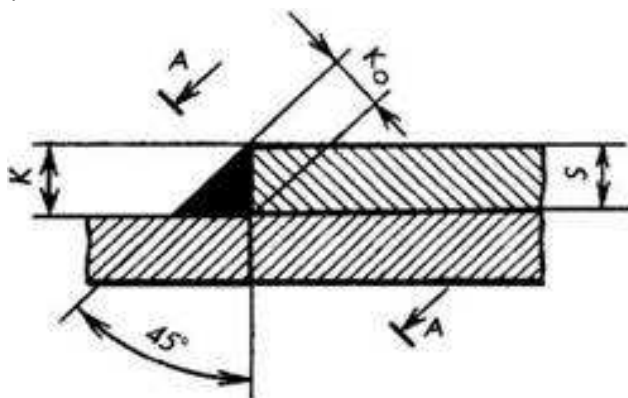


Рис. 85

В большинстве случаев катет шва k равен толщине детали s , но может быть и меньше.

Наименьшая толщина рабочих швов в машиностроительных конструкциях равна 3 мм. Исключение составляют конструкции, у которых толщина самого металла меньше 3 мм.

Верхний предел толщины соединяемой сваркой конструкции не ограничен, но применение швов, у которых $k > 20$ мм, встречается редко.

Паяные соединения

Паянием называют процесс образования неразъемного соединения материалов при помощи расплавленного металла или сплава, называемого припоем 1. От сварки паяние отличается тем, что кромки соединяемых деталей не расплавляются, а только нагреваются до температуры

плавления припоя. Припой имеет более низкую температуру плавления, чем металлы, из которых изготовлены соединяемые детали 2. Припой расплавляется и затвердевает в зазорах между поверхностями соединяемых деталей (рис. 86).

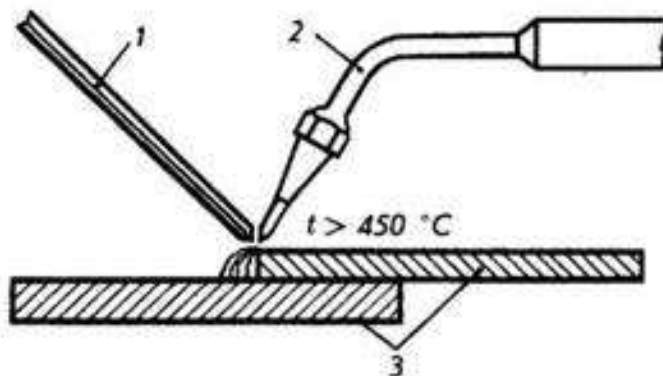


Рис. 86.

Различают паяние легкоплавкими и тугоплавкими припоями. Легкоплавкие припои имеют температуру плавления до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и незначительную механическую прочность. В состав легкоплавких припоев входят олово и свинец.

Тугоплавкие припои имеют температуру плавления выше $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такими припоями можно получить прочность паяного соединения, близкую к прочности основного металла соединяемых деталей.

Тугоплавкие припои состоят из сплава меди, цинка, серебра, никеля, железа, кадмия и других металлов.

Чтобы повысить качество паяния, применяют флюсы, которые растворяют окислы на поверхности металлов и защищают нагретые детали и жидкий припой от окисления

Тема 7. «Резьбовые соединения»

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении. Они обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, удобство сборки и разборки, простота изготовления.

Основным элементом всех резьбовых соединений является резьба.

Резьба — поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

Резьбы классифицируются по следующим признакам (рис. 87):

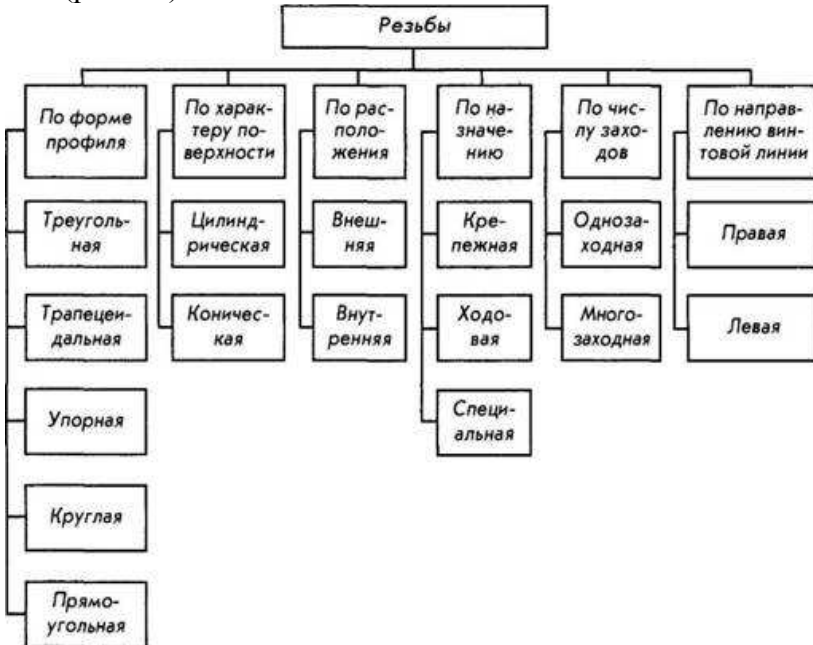


Рис. 87

1. **В зависимости от формы поверхности**, на которой нарезана резьба, они подразделяются на цилиндрические и конические;

2. **В зависимости от расположения** резьбы на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на внешние и внутренние;

3. **В зависимости от формы профиля** различают резьбы треугольного, прямоугольного, трапецеидального, круглого и других профилей;

4. **По эксплуатационному назначению** резьбы делятся на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходовые (трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые), специальные и др.;

5. **В зависимости от направления винтовой поверхности** различают правые и левые резьбы;

6. **По числу заходов** резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные (двух-, трехзаходные и т. д.).

Все резьбы разделяют на две следующие группы: **стандартизированные** — резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом и диаметром; **нестандартизированные**, или **специальные** (резьбы, параметры которых не соответствуют стандартизированным).

Основные элементы и параметры резьбы имеют следующие определения по ГОСТ 11708-82 и приведены ниже.

Левая резьба — образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя (рис. 88, I).

Правая резьба — образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя (рис. 88, II).

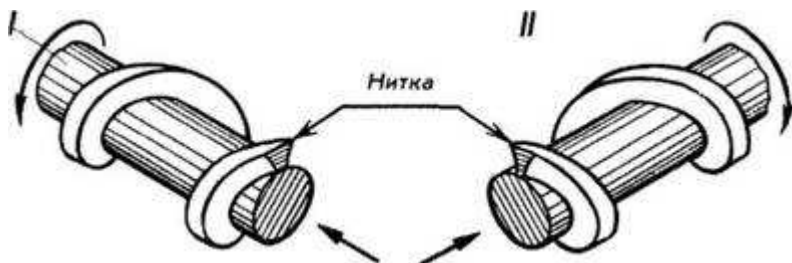


Рис. 88.

Профиль резьбы — контур резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

Угол профиля — угол между боковыми сторонами профиля.

Шаг резьбы P — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

Ход резьбы P_h — расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы. Ход резьбы — величина относительного осевого перемещения винта (гайки) за один оборот (рис. 89).

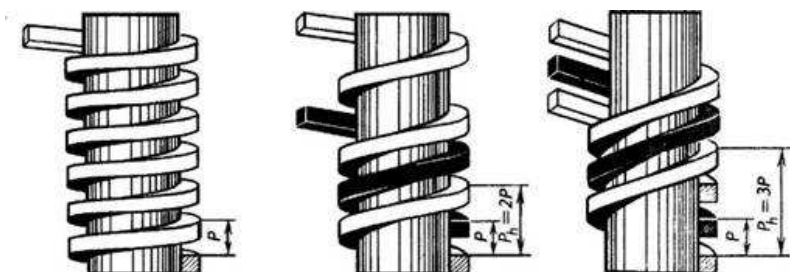


Рис. 89.

Наружный диаметр резьбы (d — для болта, D — для гайки) — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы.

Внутренний диаметр резьбы (d_1 — для болта, — для гайки) — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

Средний диаметр резьбы (d_2 — для болта, D_2 — для гайки) — диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, который пересекает витки резьбы таким образом, что ширина выступа резьбы и ширина впадины (канавки) оказываются равными.

Резьба может быть **однозаходной и многозаходной**

Формы и типы резьб

Метрическая резьба (рис. 95). Основным типом крепежной резьбы в России является метрическая резьба с углом треугольного профиля α равным 60° . Размеры ее элементов задаются в миллиметрах.

Согласно ГОСТ 8724-81 метрическая резьба для диаметров от 1 до 600 мм делится на два типа: с крупным шагом (для диаметров от 1 до 68 мм) и с мелким шагом (для диаметров от 1 до 600 мм).

Резьба с крупным шагом применяется в соединениях, подвергающихся ударным нагрузкам. Резьба с мелким шагом — в соединениях деталей с тонкими стенками и для получения герметичного соединения. Кроме того, мелкая резьба широко применяется в регулировочных и установочных винтах и гайках, так как с ее помощью легче осуществить точную регулировку.

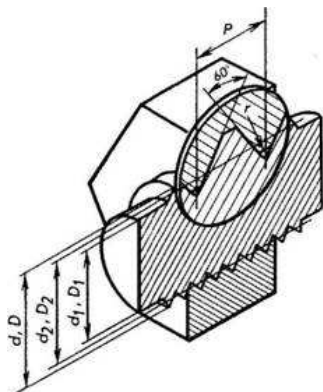


Рис. 90.

При проектировании новых машин применяется только метрическая резьба.

Дюймовая резьба (рис. 91). Это резьба треугольного профиля с углом при вершине 55° (а равным 55°). Номинальный диаметр дюймовой резьбы (наружный диаметр резьбы на стержне) обозначается в дюймах. В России дюймовая резьба допускается только при изготовлении запасных частей к старому или импортному оборудованию и не применяется при проектировании новых деталей.

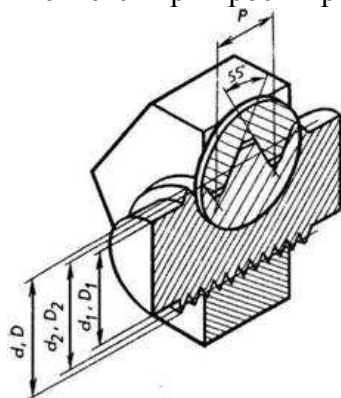


Рис. 91.

Трубная цилиндрическая резьба ГОСТ 6357-81, представляет собой дюймовую резьбу с мелким шагом, закругленными впадинами и треугольным профилем с углом 55° . Трубную цилиндрическую резьбу нарезают на трубах до 6". Трубы свыше 6" сваривают. Профиль трубной цилиндрической резьбы приведен на рис. 92.

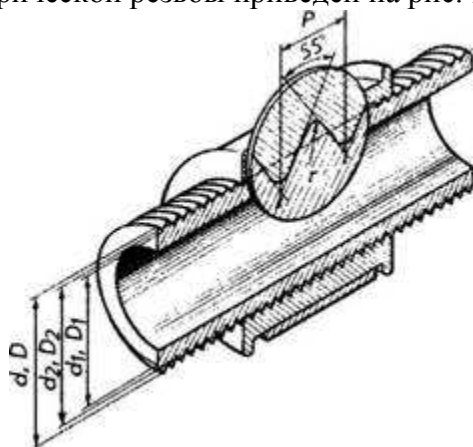


Рис. 92.

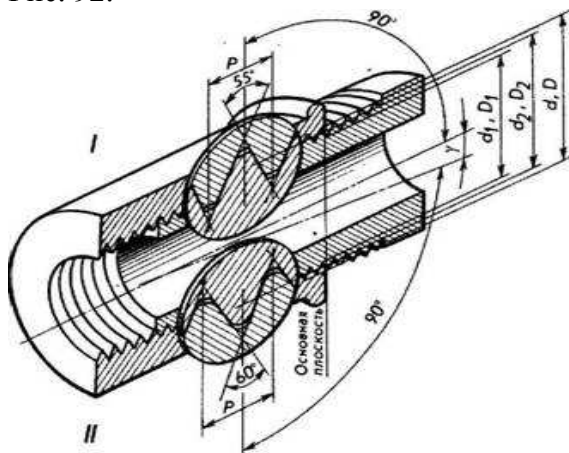


Рис. 93

Трубные конические резьбы применяются двух типов-размеров. Трубная коническая резьба ГОСТ 6211-81, соответствует закругленному профилю трубной цилиндрической резьбы с углом 55° .

Коническая дюймовая резьба ГОСТ 6111-52 имеет угол профиля 60° . Конические резьбы применяются почти исключительно в трубных соединениях для получения герметичности без специальных уплотняющих материалов (льняных нитей, пряжи с суриком и т. д.).

Теоретический профиль конической резьбы приведен на рис. 94. Конусность поверхностей, на которых изготавливается коническая резьба, обычно 1 : 16. Биссектриса угла профиля перпендикулярна оси резьбы.

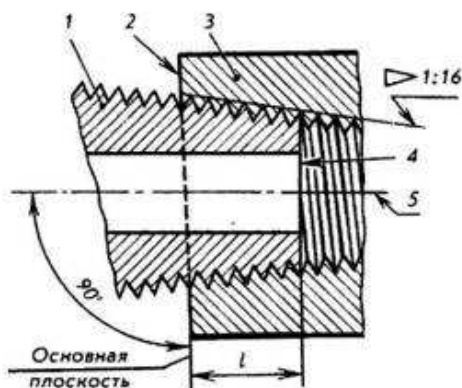


Рис. 94.

Диаметральные резьбы конических резьб устанавливаются в основной плоскости (2 — торец муфты), которая перпендикулярна к оси и отстоит от торца трубы 1 на расстоянии I, регламентированном стандартами на конические резьбы (3 — муфта; 4 — торец трубы; 5 — ось трубы).

В основной плоскости диаметры резьбы равны номи-

нальным диаметрам трубной цилиндрической резьбы. Это позволяет конические резьбы свинчивать с цилиндрическими, так как шаг и профили данных резьб для определенных диаметров совпадают.

Коническим резьбам присущи аналогичные цилиндрическим резьбам определения и понятия, такие, как **наружный, средний и внутренний диаметры резьбы**. Шаг резьбы P_h измеряется вдоль оси.

При свинчивании трубы и муфты с номинальными размерами резьбы без приложения усилия длина свинчивания равна l .

Обозначение трубной резьбы обладает особенностью, которая заключается в том, что размер резьбы задается не по тому диаметру, на котором нарезается резьба, а по внутреннему диаметру трубы. Этот внутренний диаметр называется диаметром трубы «в свету» и определяется как условный проходной размер трубы,

Трапецеидальная резьба ГОСТ 9484-81 (рис.95). Профиль резьбы — равнобочная трапеция с углом α равным 30° . Трапецеидальная резьба применяется для передачи осевых усилий и движения в ходовых винтах. Симметричный профиль резьбы позволяет применять ее для реверсивных винтовых механизмов.

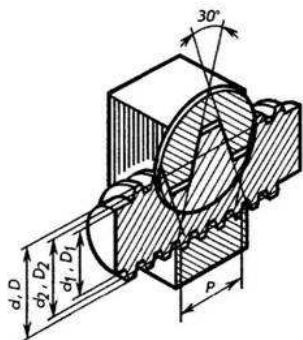


Рис. 95.

Упорная резьба ГОСТ 10177-82 (рис. 96). Профиль резьбы — неравнобочная трапеция с углом рабочей стороны 3° и нерабочей — 30° . Упорная резьба обладает высокой прочностью и высоким КПД. Она применяется в грузовых винтах для передачи больших усилий действующих в одном направлении (в мощных домкратах, прессах и т. д.).

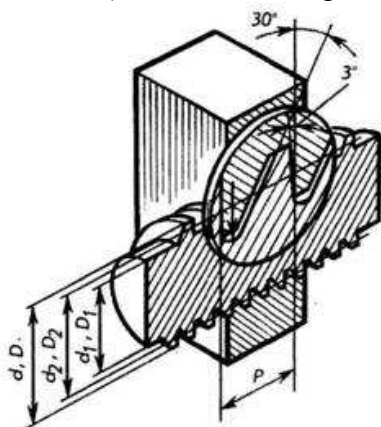


Рис. 96.

В прессостроении применяется также упорная резьба. Профиль этой резьбы несколько отличается от упомянутой выше упорной резьбы, Профиль такой упорной резьбы по ГОСТ 13535-87 представляет собой неравнобочную трапецию с углом рабочей стороны 0° и нерабочей — 45° .

Прямоугольная и квадратная р е з ь б ы (рис. 97.) имеют высокий КПД и дают большой выигрыш в силе, поэтому они применяются для передачи осевых усилий в грузовых винтах и движения в ходовых винтах. Прямоугольные и квадратные резьбы не стандартизированы, так как имеют следующие недостатки: в соединении типа «болт — гайка» трудно устранить осевое биение; обладают прочностью меньшей, чем трапецеидальная резьба, так как основание витка у трапецеидальной резьбы при одном и

том же шаге шире, чем у прямоугольной или квадратной резьб; их труднее изготовить, чем трапецеидальную.

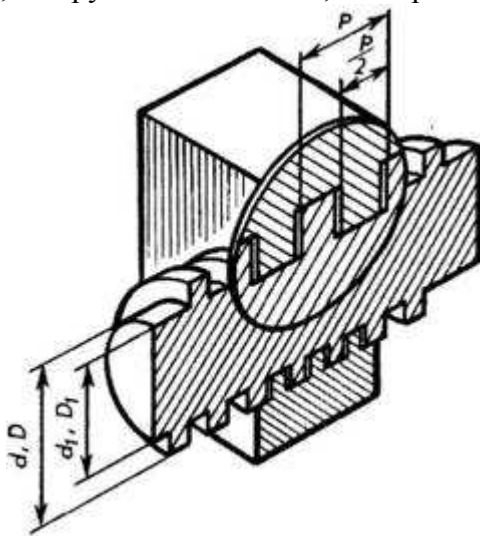


Рис. 97.

Примечание. В ответственных соединениях эти резьбы заменены трапецеидальной.

Понятие о прочности резьбовых соединений

Болтовое соединение предназначено в основном для восприятия осевой растягивающей нагрузки (рис. 98). Разрушение болтового соединения, работающего на осевую нагрузку, может произойти в следующих случаях: при недостаточной высоте гайки возможен срыв резьбы этой гайки (рис. 98, I); при недостаточной высоте головки болта она разрушается от изгиба, то есть головка болта частично как бы втягивается в отверстие (рис. 98, II); при недостаточном диаметре стержня возможен разрыв болта по ослабленному резьбой сечению (рис. 98, III).

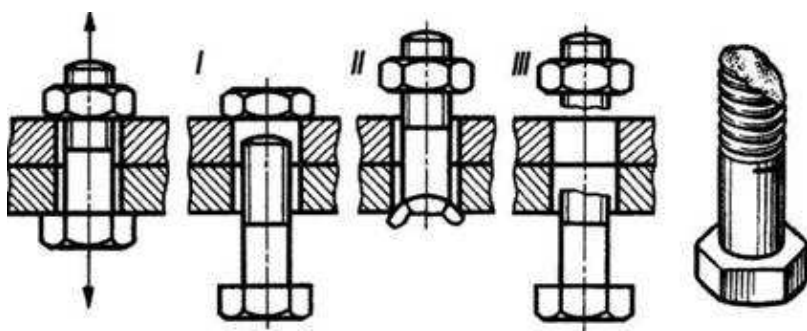


Рис. 98.

Кроме того, для деталей, имеющих твердость меньше, чем твердость гайки или головки болта, опасной деформацией может быть смятие деталей. Для предотвращения смятия соединяемых деталей устанавливают шайбы, размеры которых определяются для стальных деталей по формуле $D_{ш} = 2,2 d$,

где: $D_{ш}$ — наружный диаметр;

d — внутренний диаметр.

Для обеспечения прочности болтового соединения необходимо, чтобы прочность всех его элементов на различные деформации была одинаковой, то есть болтовое соединение должно быть равнопрочным.

Так, например, из условия равнопрочности стержня болта на растяжение под действием осевой нагрузки и резьбы гайки на изгиб, на срез и смятие определяют необходимую высоту гайки. По расчету высота гайки получается около $0,6d$, нормальная же высота по стандарту принята $H = 0,8d$. Делать гайку более высокой нецелесообразно, так как исследованиями проф. Н.Е. Жуковского установлено, что первый от точки приложения силы виток резьбы воспринимает 34% всей нагрузки, второй — 23%, третий — 15%, а десятый — только 0,9%. Таким образом,

все витки резьбы гайки после десятого практически никакой нагрузки не воспринимают. Соответствующие схемы направления силовых линий и характеры распределения нагрузки между витками резьбы приведены на рис. 99.

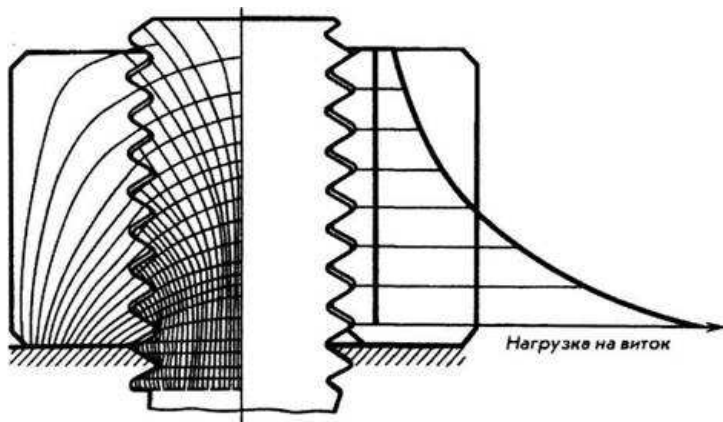


Рис. 99.

Так же как резьба гайки, работает резьба гнезда, в которое ввинчивается винт или шпилька. В зависимости от того, из какого материала изготовлены детали, в которые ввинчиваются шпильки, меняется и глубина завинчивания шпилек. Здесь уже учитывается и величина осевой нагрузки, ибо, чем она больше, тем больше диаметр шпильки, а тем, следовательно, больше и глубина завинчивания.

Из условия равнопрочности стержня болта на растяжение и головки болта на изгиб находится необходимая высота головки болта h . Практически для нормального болта $h = 0,7d$.

Таким образом, принятые по стандарту размеры высоты гайки и высоты головки болта вполне обеспечивают прочность болтового соединения при условии, что сам стержень болта диаметром d будет прочен на растяжение.

Следовательно, для того чтобы спроектировать прочное болтовое соединение, нужно исходить из условия прочности на растяжение диаметр болта, а по нему определить размеры всех остальных элементов соединения.

В зависимости от условий работы и сборки конструкций болтовые соединения, работающие на осевую нагрузку, делятся на две основные группы: ненапряженные, в которых до приложения внешней нагрузки никаких напряжений не возникает; напряженные, в которых еще до приложения внешней нагрузки уже имеются так называемые предварительные напряжения.

Для обеспечения плотности и герметичности соединения болты ставят с предварительной затяжкой, то есть при сборке так затягивают гайку ключом, что в теле болта еще до приложения внешней нагрузки возникают напряжения. Необходимая величина затяжки болтов зависит от свойств материала самого болта и соединяемых деталей или прокладки.

Кроме того, учитывают трение в резьбе и в опорной поверхности гайки, возникающее при затяжке. Если болтовое соединение несет нагрузку, действующую перпендикулярно оси болта, то в результате сдвига деталей может произойти изгиб болта (рис. 100).

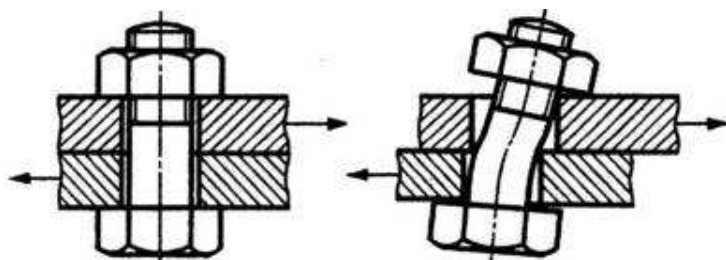


Рис. 100.

Чтобы избежать этого, при конструировании машин стремятся по возможности не придавать болтовым соединениям поперечной нагрузки. Если это сделать невозможно, применяют различные средства, предохраняющие болты от поперечной нагрузки (рис. 101). Прочность резьбовых соединений во многом определяется прочностью материала, из которого изготовлены детали этих соединений.

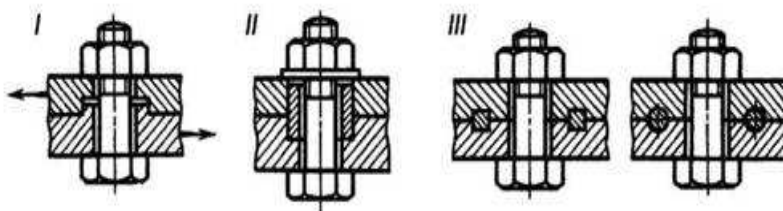


Рис. 101.

Наиболее часто применяют резьбовые детали из мало- и среднеуглеродистой стали Ст.3, Ст.5, Сталь 35, Сталь45 и др. В соединениях, работающих при переменных нагрузках и высокой температуре до 400°C , применяют легированные стали 38ХА, 40ХНМА, 16ХСН и др. При рабочей температуре $400\text{...}700^{\circ}\text{C}$ применяют нержавеющие стали, например 1Х17Н2 и др. В электропромышленности применяют резьбовые изделия из латуни ЛС59-1 и др.

Для повышения прочности резьбовых соединений крепежные детали подвергают термообработке, а для защиты от коррозии и влияния температур на них наносят металлические покрытия или оксидные пленки (цинкование, хромирование, никелирование, оксидирование и пр.).

Понятие о сборке резьбовых соединений

При сборке резьбовых соединений болт обычно заводят в отверстие снизу, а затем, придерживая его одной рукой за головку, навинчивают на него гайку. Окончательно закрепляют гайку с помощью ключа, при этом вторым ключом поддерживают болт за головку, предохраняя его от проворачивания.

При соединении деталей шпилькой это крепежное изделие должно сидеть в детали плотно, так чтобы при свинчивании с него гайки, даже с тугой резьбой, оно не вывинчивалось.

Плотная посадка шпильки может быть осуществлена следующими способами:

1. Резьба на шпильке имеет постепенный сбег. При ввинчивании такой шпильки в тело детали происходит смятие не полностью нарезанных начальных витков, чем достигается надежная посадка в гнездо. Вызвано это тем, что при смятии начальных витков происходит заклинивание шпильки.

2. В ответственных соединениях шпильки завертываются с гарантированным натягом по резьбе. Такая шпилька идет в гнездо очень туго, так как резьба на ней выполнена по наибольшим предельным размерам. В этом случае закручивание шпильки в гнездо возможно за счет пластической податливости свинчиваемых материалов.

Шпильку в гнездо можно вернуть несколькими способами. Самый простой из них — ввертывание с помощью двух гаек, навинченных на шпильку. Ключ при этом вращает верхнюю гайку, служащую контргайкой (рис. 102). Винт закручивается с помощью отвертки или гаечного ключа в зависимости от формы головки.

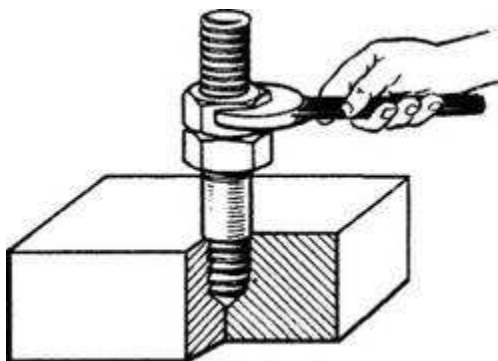


Рис. 102.

В производственных условиях для быстроты и облегчения сборочных операций широко применяется механический инструмент: шпильковерты, гайковерты, винтоверты и т. п. (рис. 103). Так при нажиме на инструмент шпindelь вместе со специальным патроном вращается в сторону заворачивания, а при оттягивании — в обратную сторону, то есть в сторону свинчивания ключа со шпильками, если есть в том необходимость.

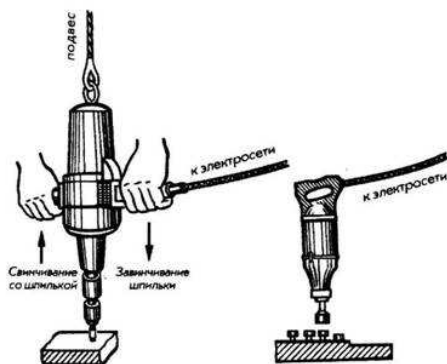


Рис. 103.

Тема 6 «Шпоночные соединения»

Шпоночные соединения

Шпоночные соединения получили широкое распространение в машиностроении в связи с простотой и надежностью конструкции, низкой стоимостью и удобством сборки и разборки.

Шпонка — это металлическая или деревянная деталь, которую устанавливают в пазах двух соприкасающихся деталей для предотвращения относительного вращения или сдвига этих деталей. Шпонка служит для передачи вращающего момента в соединении вала со шкивом, зубчатым колесом, маховиком и другими деталями, вращающимися вместе с валом. При работе шпонка подвергается деформациям изгиба, среза и сжатия.

В машиностроении применяются различные типы шпонок: призматические, сегментные, клиновые и др. (рис. 104). Основные типы шпонок стандартизированы. Шпоночные пазы на валах и втулках (ступицах) получают на фрезерных (II, III, IV), протяжных (I) и долбежных (V) станках (рис. 105).

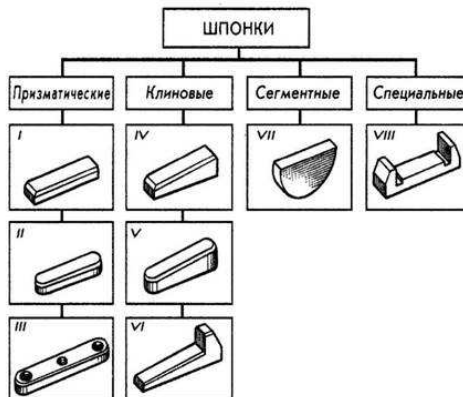


Рис. 104.

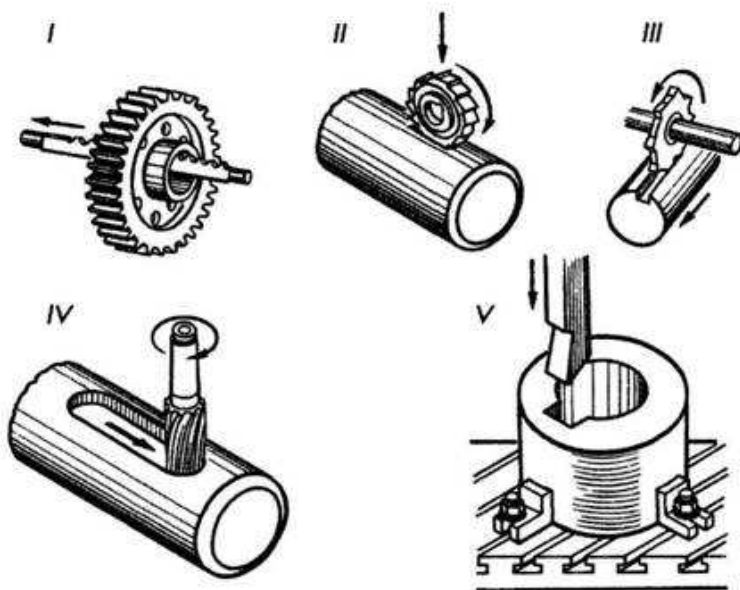


Рис. 105.

ГОСТ предусмотрены два исполнения шпоночных соединений по глубине установки шпонки в вал и ступицу. Если ступица изготовлена из чугуна и других материалов более низкой прочности, чем материал вала, применяют первое исполнение с глубокой установкой в ступицу, а для прочих случаев — второе исполнение.

Соединение призматической шпонкой

Призматические шпонки могут быть выполнены с плоскими или скругленными концами (рис. 106). По назначению их подразделяют на простые и направляющие.

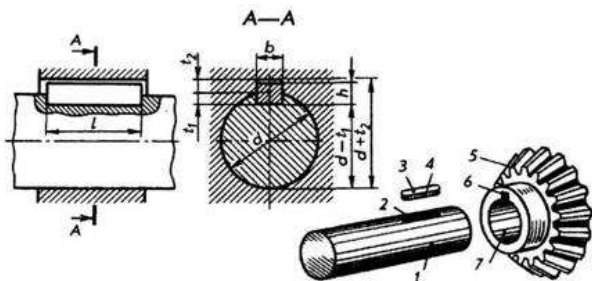


Рис. 106.

Простые шпонки 3 закладывают в паз 2 вала 1 без крепления и называют их врезными. Примерно половина их высоты помещается в пазу вала, а другая половина — в пазу 6 ступицы 7.

Направляющие шпонки отличаются от простых длиной, соответствующей необходимой величине перемещения. Их закрепляют на валу 4 винтами 2 (рис. 107). Среднее отверстие с резьбой у этих шпонок 3 позволяет при необходимости снять шпонку. После того как будут вывернуты установочные винты, в это отверстие с резьбой 5 завинчивают винт, который концом упирается в основание шпоночного паза вала и отжимает вверх шпонку.

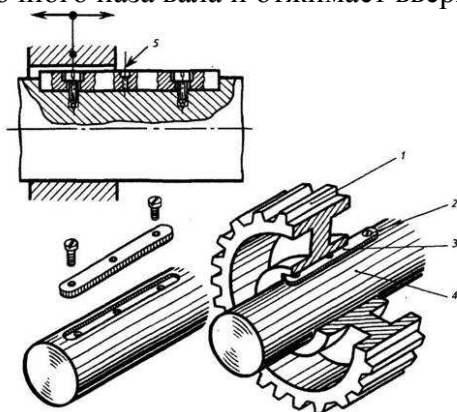


Рис. 107.

Обычно в соединение ставят по одной призматической шпонке, но если прочность соединения является недостаточной, то устанавливают две, а в некоторых случаях и три шпонки, под углом 120° и 180° .

Соединение сегментной шпонкой

Сегментные шпонки 2 — пластины в виде сегмента (рис. 108), которые закладывают в соответствующую форму паза на валу 3. Это шпонки по принципу работы подобны призматическим и также работают боковыми гранями (1 — зубчатое колесо).

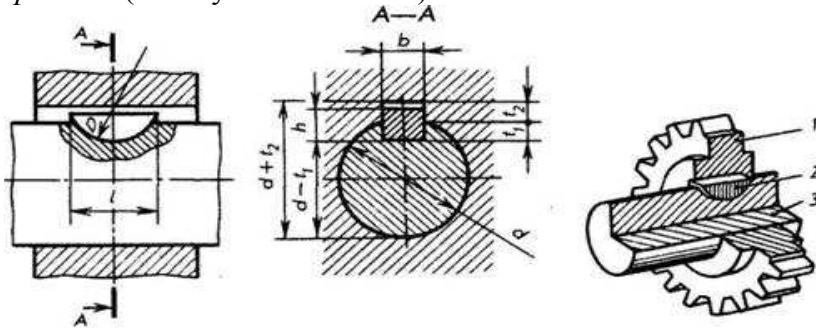


Рис. 108.

К достоинствам сегментных шпонок относится высокая технологичность соединения, не требующая ручной подгонки, устойчивое направление на валу, исключаящее перекося, который имеет место в призматических шпонках. Недостатком сегментных шпонок является необходимость выполнения глубокого шпоночного паза, что в значительной степени ослабляет вал. По этой причине сегментные шпонки применяют при передаче небольших вращающих моментов.

Соединение клиновой шпонкой

Клиновые шпонки 1 изготавливают с уклоном $1 : 100$ (рис. 109). Их устанавливают в пазы с некоторым усилием (обычно ударами молотка). Для паза ступицы 3 предусмотрен тот же уклон.

Если шпоночные пазы выполнены на валу и во втулке, то клиновые шпонки называют врезными. При этом примерно половина высоты клиновых врезных шпонок помещается в пазу вала 2, а другая половина в пазу ступицы 3.

Клиновые шпонки передают не только вращающий момент, но и осевое усилие.

Примечание. Осевое усилие — силовое воздействие на деталь, возникающее при рабочем перемещении вдоль оси вала.

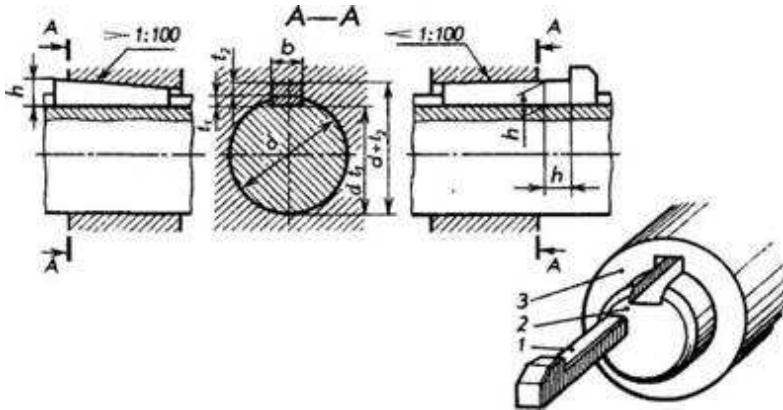


Рис. 109

По своей конструкции клиновые врезные шпонки подразделяют на шпонки клиновые с плоскими или скругленными торцами и шпонки с головкой. Головка предназначена для выбивания шпонки из паза. Из клиновых шпонок наиболее распространенными являются врезные, так как они более надежны и более технологичны.

Соединение специальными шпонками

В конструкциях со значительными осевыми перемещениями насаженных на вал 2 деталей 1 применяют скользящие шпонки 3 (рис. 110). Такие шпонки скрепляются выступами со ступицей детали и при ее перемещении вдоль оси вала скользят по шпоночному пазу, придавая детали прямолинейное без поворотов вокруг оси движение.

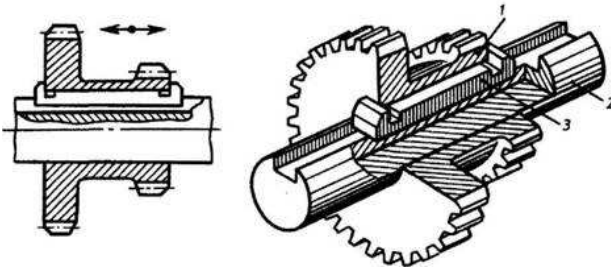


Рис. 110.

Тема 8. «Шлицевые и штифтовые соединения»

Зубчатые (шлицевые) соединения

Для соединения ступицы с валом (вместо шпонок) часто пользуются выступами-зубьями на валу, входящими во впадины соответствующей формы в ступице (рис. 111). Эти соединения можно рассматривать как многошпоночные, так как у них шпонки выполнены заодно с валом.

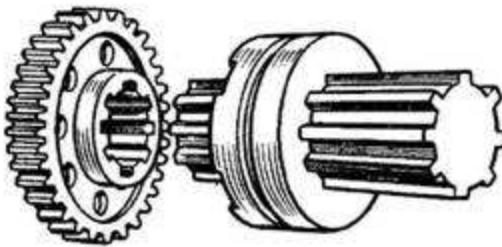


Рис. 111.

Зубчатые соединения по сравнению со шпоночными имеют следующие преимущества: большая нагрузочная способность благодаря значительно большей рабочей поверхности и относительно равномерному распределению давления по высоте зуба; лучшее центрирование сопрягаемых деталей; большая прочность вала в сравнении с валом со шпоночными канавками.

Зубчатые зацепления могут служить как неподвижные для скрепления ступицы с валом, так и в качестве подвижных — осевое перемещение ступицы детали по валу, например, в тракторах, автомобилях, в коробках передач станков и т. д.

Большое распространение получили зубчатые соединения с прямоугольной или прямобочной (рис. 112, I, IV, V), эвольвентной (рис. 112, II) и треугольной (рис. 112, III) формами зубьев (шлицев). Шлицы на валах фрезируют или нарезают на зубообрабатывающих станках методом обкатки (рис. 113), а пазы в отверстиях получают долблением или протягиванием.

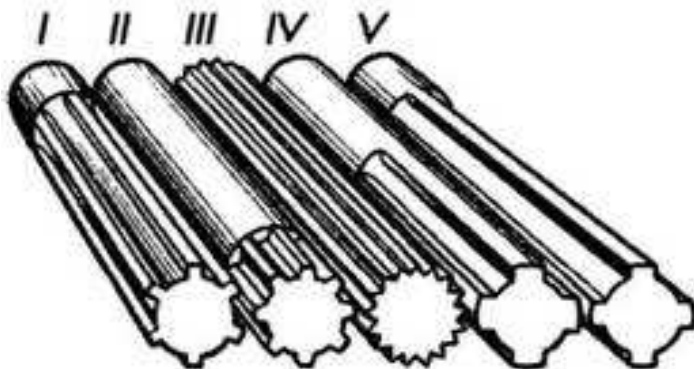


Рис. 112.

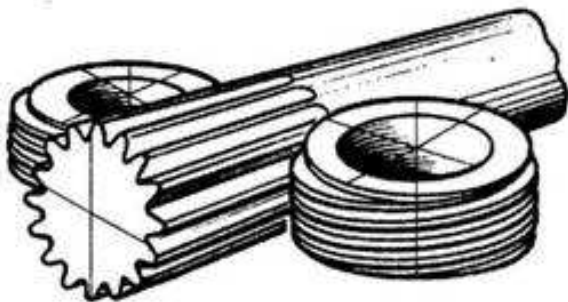


Рис. 113.

Прямобоочные зубчатые соединения

Эти соединения находят наибольшее применение в общем машиностроении. Они стандартизированы ГОСТ 1139-58 и имеют три серии соединений: легкая, средняя и тяжелая. Отличаются эти серии друг от друга высотой и количеством зубьев (см. рис. 1117, I, IV, V).

Легкую серию применяют для неподвижных или незначительно нагруженных соединений; среднюю — для средненагруженных соединений и тяжелую — для наиболее тяжелых условий работы.

Прямобоочные зубчатые зацепления различают также по способу центрирования ступицы на валу: по наружному диаметру; по внутреннему диаметру; по боковым граням.

Примечание. Центрирование — вид соединения деталей, обеспечивающий соосность вала и втулки, где требуется высокая кинематическая точность.

Центрирование по наружному диаметру D (рис. 118, I) или внутреннему d (рис. 118, II) является более точным, и поэтому эти виды соединений применяют в тех случаях, когда требуется высокая кинематическая точность (в самолетах, автомобилях и т. п.).



Рис. 114.

Центрирование по боковым граням зубьев (рис. 114, III) используют в тех случаях, когда необходима достаточная прочность соединения. Центрирование по боковым граням не обеспечивает точной соосности ступицы и вала, но зато создает равномерное распределение нагрузки по зубьям. Поэтому этот вид соединения применяют при передаче больших крутящих моментов, но при отсутствии высоких требований к точности центрирования. Типичным примером центрирования по боковым граням является соединение карданных валов в автомобилях.

Зубчатые соединения могут быть изготовлены из стали, силумина, текстолита и других материалов.

Эвольвентные зубчатые соединения

Эвольвентные зубчатые соединения (см. рис. 115, II) стандартизированы ГОСТ 6033-80 и являются весьма перспективными. Профиль зубьев очерчивается окружностью выступов, впадин и эвольвентами, подобно профилю зубьев зубчатых колес. Эвольвентные зубчатые соединения также центрируют по наружному диаметру вала D или по боковым граням.

Эвольвентный профиль зубчатых соединений по сравнению с прямобочными имеет повышенную прочность и технологичность. Повышенную прочность получают благодаря большому количеству зубьев, утолщению их к основа-

нию, а также наличию закруглений у основания.

Что касается технологичности, то при обработке эвольвентного профиля нужен меньший комплект простых фрез, чем для валов прямобочного профиля. Кроме того, при обработке эвольвентного профиля могут быть использованы весьма совершенные технологические процессы, благодаря чему зубья профиля могут иметь повышенную точность.

Треугольные зубчатые соединения

Этот вид соединения (см. рис. 115, III) применяют только в качестве неподвижного при передаче небольших вращающих моментов. Центрирование треугольного зубчатого соединения осуществляется по боковым сторонам зубьев. Треугольные зубчатые соединения бывают не только цилиндрическими, но и коническими. Конусность в большинстве случаев выбирают 1 : 16.

Благодаря надежности и долговечности шлицевые соединения получили очень широкое распространение в машиностроении и приборостроении. Их можно встретить в механизмах самолетов и автомобилей, металлорежущих станков, различных точных приборов и т. д.

Штифтовые соединения

Штифты (рис. 120) — стальные круглые цилиндрические, конические или фасонные стержни, которые забивают в сквозные отверстия соединяемых деталей. По форме штифты различают **конические** и **цилиндрические**. По конструкции те и другие делают гладкими, с насечкой или выдавленными канавками, цилиндрические пружинные, вальцованные из ленты.

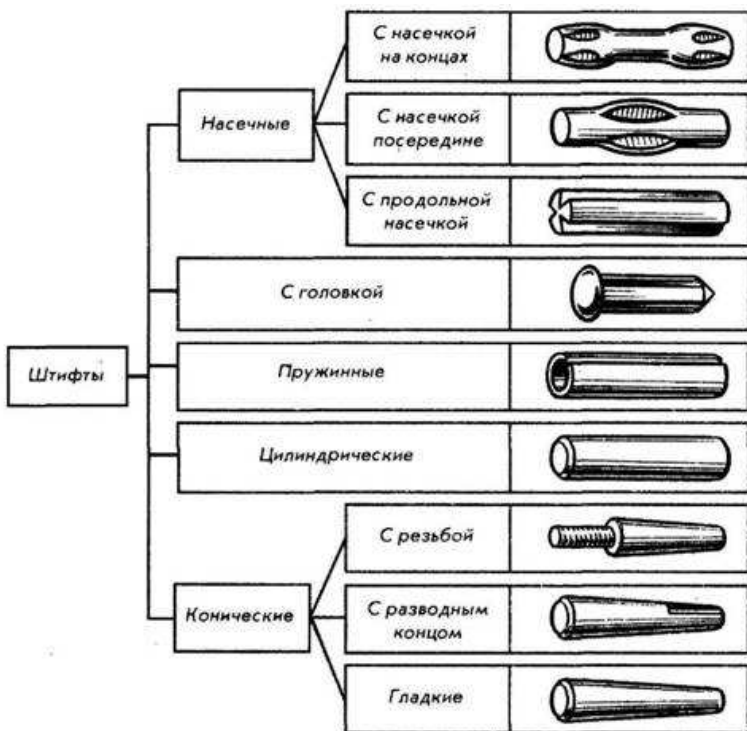


Рис. 115.

Конические гладкие штифты находят наибольшее применение. Их устанавливают в сквозные отверстия. В глухие отверстия ставят конические штифты с резьбой (рис. 116, I). В соединениях, которые испытывают толчки и удары, ставят разводные штифты (рис. 116, II). Такие же конические штифты применяют и в соединениях быстро-вращающихся деталей. Конические штифты можно без ущерба для надежности соединения многократно вынимать и снова ставить на место. Конические штифты выполняют с конусностью 1 : 50.

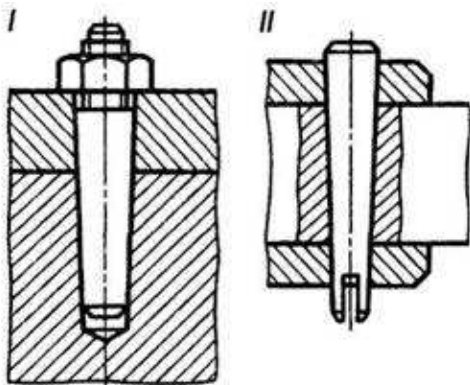


Рис. 116.

Цилиндрические штифты ставят в отверстия с натягом. В движущихся соединениях цилиндрические штифты ставят с расклепыванием концов. Большим недостатком цилиндрических штифтов является ослабление посадки при повторных сборках и разборках.

В основном цилиндрические штифты применяют как установочные детали для повышенной фиксации соединяемых деталей относительно друг друга и в тех случаях, когда возникает необходимость предохранить соединяемые детали от боковых смещающих усилий, действующих в противоположные стороны (рис. 117).

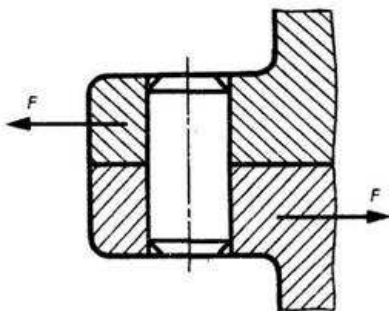


Рис. 117.

Цилиндрические и конические штифты изготовляют из конструкционных сталей. Размеры штифтов перечисленных типов указаны в соответствующих ГОСТ.

Насечные штифты. Некоторые конструкции насечных штифтов показаны на рис. 120. Они отличаются от гладких штифтов тем, что имеют на поверхности канавки различной формы. При забивании таких штифтов в отверстия выдавленный ранее из канавок материал упруго деформируется в обратном направлении. Это положение и обеспечивает повышенную прочность сцепления. Важно отметить, что насечные штифты допускают многократный монтаж и демонтаж без ослабления силы сцепления. Изготавливают эти штифты из пружинной стали.

Пружинные штифты (см. рис. 118) напоминают цилиндрическую трубу, разрезанную вдоль образующей.

Их изготовляют из пружинной стали с последующей термообработкой. Пружинные штифты вставляют в отверстия, которые по своему диаметру меньше, чем диаметр штифта. Надежное соединение осуществляется за счет сил упругости материала штифта. Многократные сборки и разборки не приводят к сколько-нибудь заметному ослаблению силы сцепления.

Штифты с головками 1, как и насечные, имеют продольные (вдоль оси стержня) три канавки, создающие пружинящее действие при установке их в отверстие. Применяют их большей частью для крепления хомутиками 2 деталей 3 радио- и электроаппаратуры на панелях 4, щитах и др. (рис. 118).

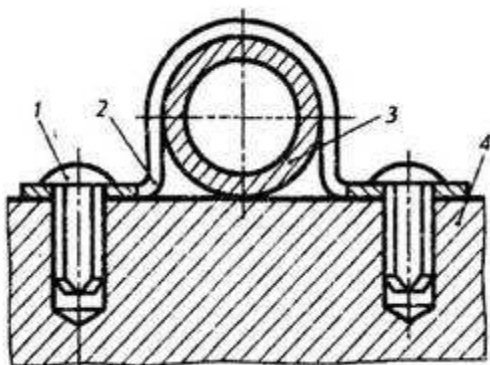


Рис. 118.

В качестве примера применения штифтовых соединений на рис. 119 показан чертеж и наглядное изображение муфты 3, соединяющей два вала 1 и 5 с помощью конических штифтов 2 и 4.

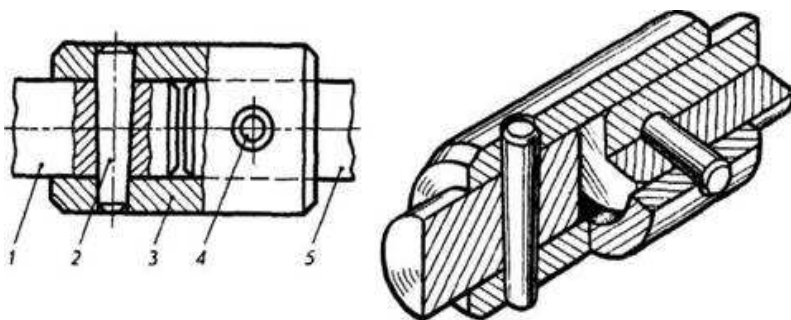


Рис. 119.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основные источники:

1. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. В.В. Курчаткин, В.М. Тараторкин, А.Н. Батищев и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Куликов В.П. Кузин А.В. Инженерная графика – М.: Форум: ИНФРА-М, 2013.
3. Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс, практические занятия и тестовые задания: учеб. пособие/ Олофинская В.П. – М.: ФОРУМ, 2012.

Дополнительные источники:

1. Банников Е.А. Слесарь. Практическое руководство.- Ростов н/Д: Феникс, 2005.- 320 с.

Учебное издание

Корнеев Д.Н.

**Выполнение работ
по одной или нескольким профессиям
рабочих, должностям служащих.
«Слесарь по ремонту сельскохозяйственных
машин и оборудования»**

Учебное пособие

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 23.11.2015 г. Формат 60x84^{1/16}
Бумага писчая. Усл. п.л. 7,90. Тираж 100 экз. Изд. № 3914.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243465, Брянская обл., Выгоничской р-он, с. Кокино, Брянский ГАУ