

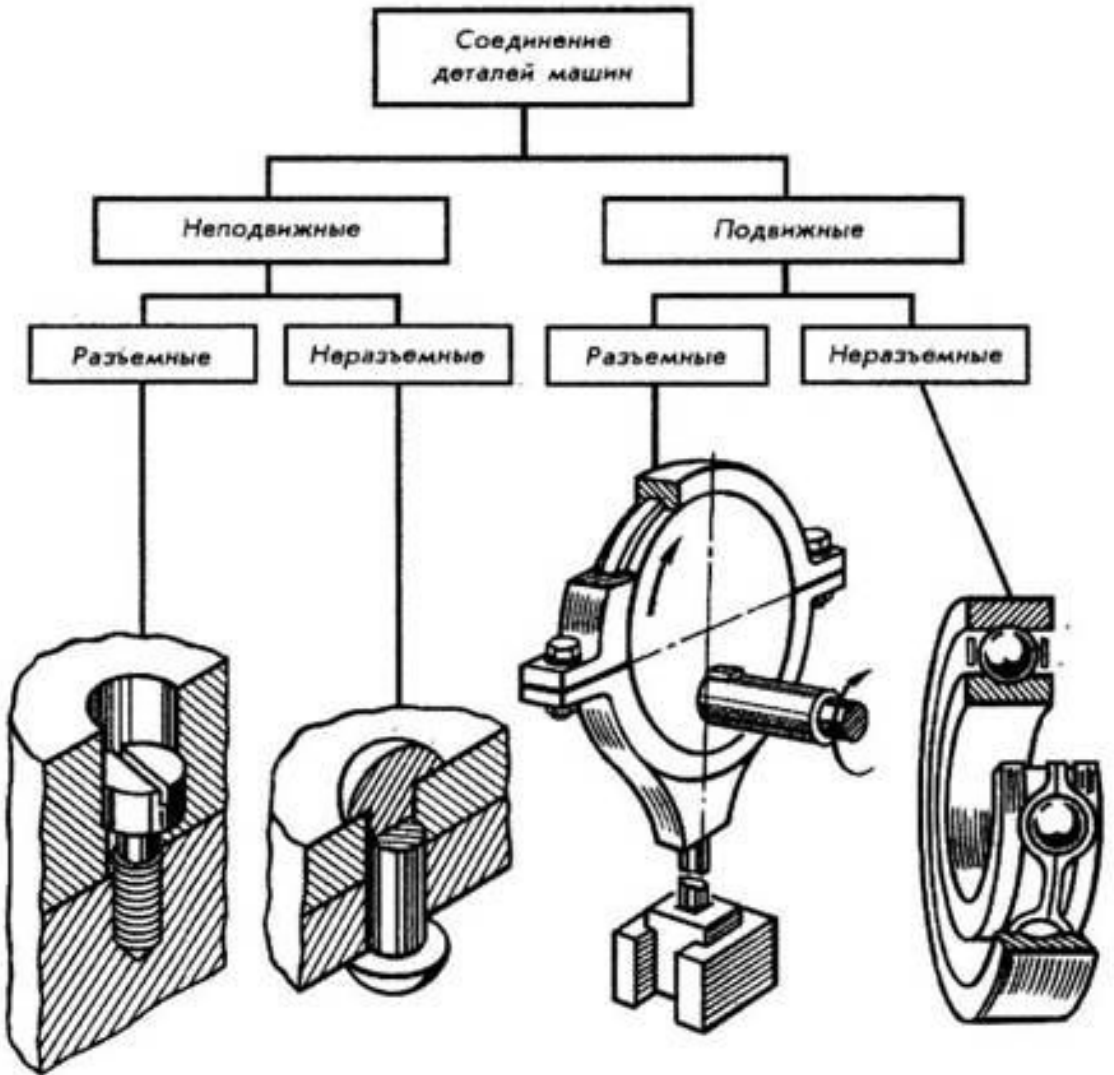
Лекция 5

Соединения деталей

Виды соединений и критерии работоспособности

Основные критерии работоспособности:

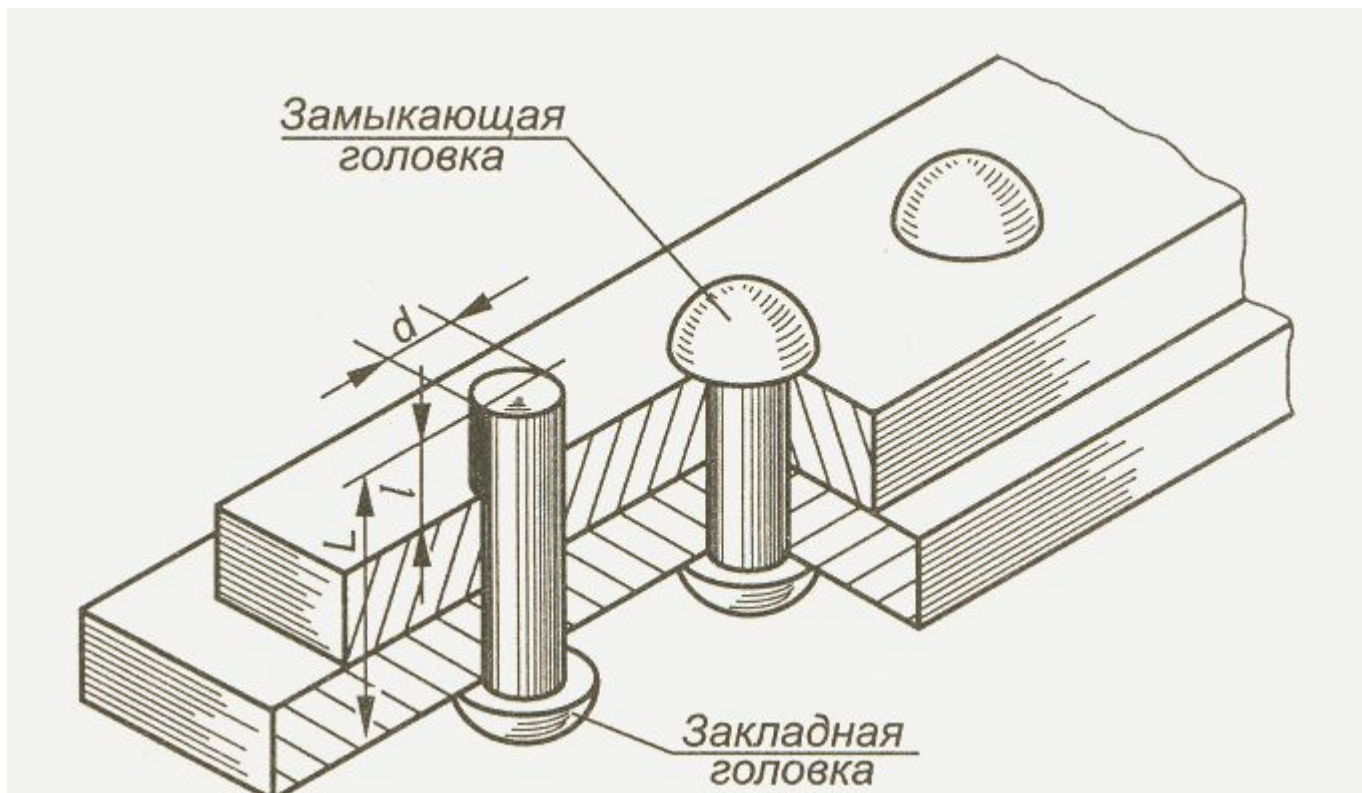
- прочность,
- жесткость,
- виброустойчивость,
- плотность (способность защищать от проникновения твердых посторонних частиц),
- герметичность (способность препятствовать прохождению жидкости или газа через стык)

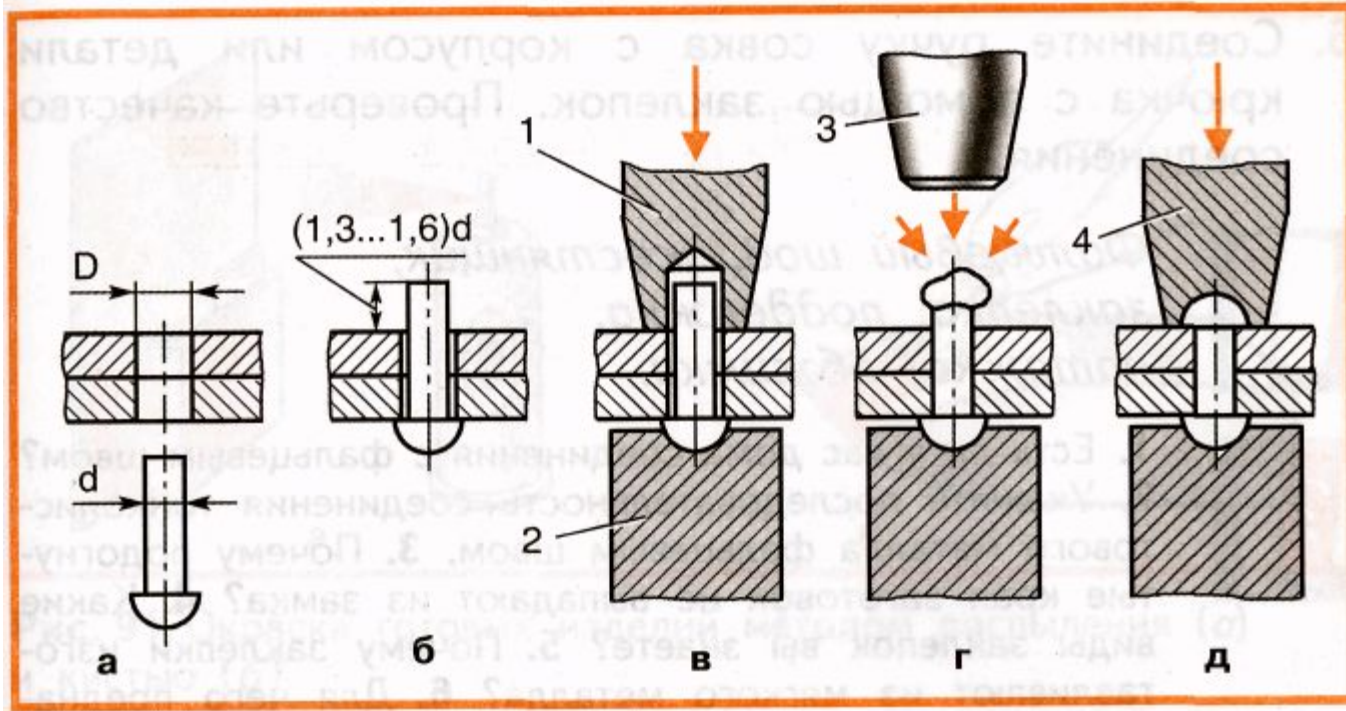


Заклепочные соединения

Обеспечивают высокую стойкость в условиях ударных и вибрационных нагрузок.

Видео – Del_mash_2





Этапы получения заклепочного соединения:

а — сверление отверстий;

б — размещение заклепки в отверстия;

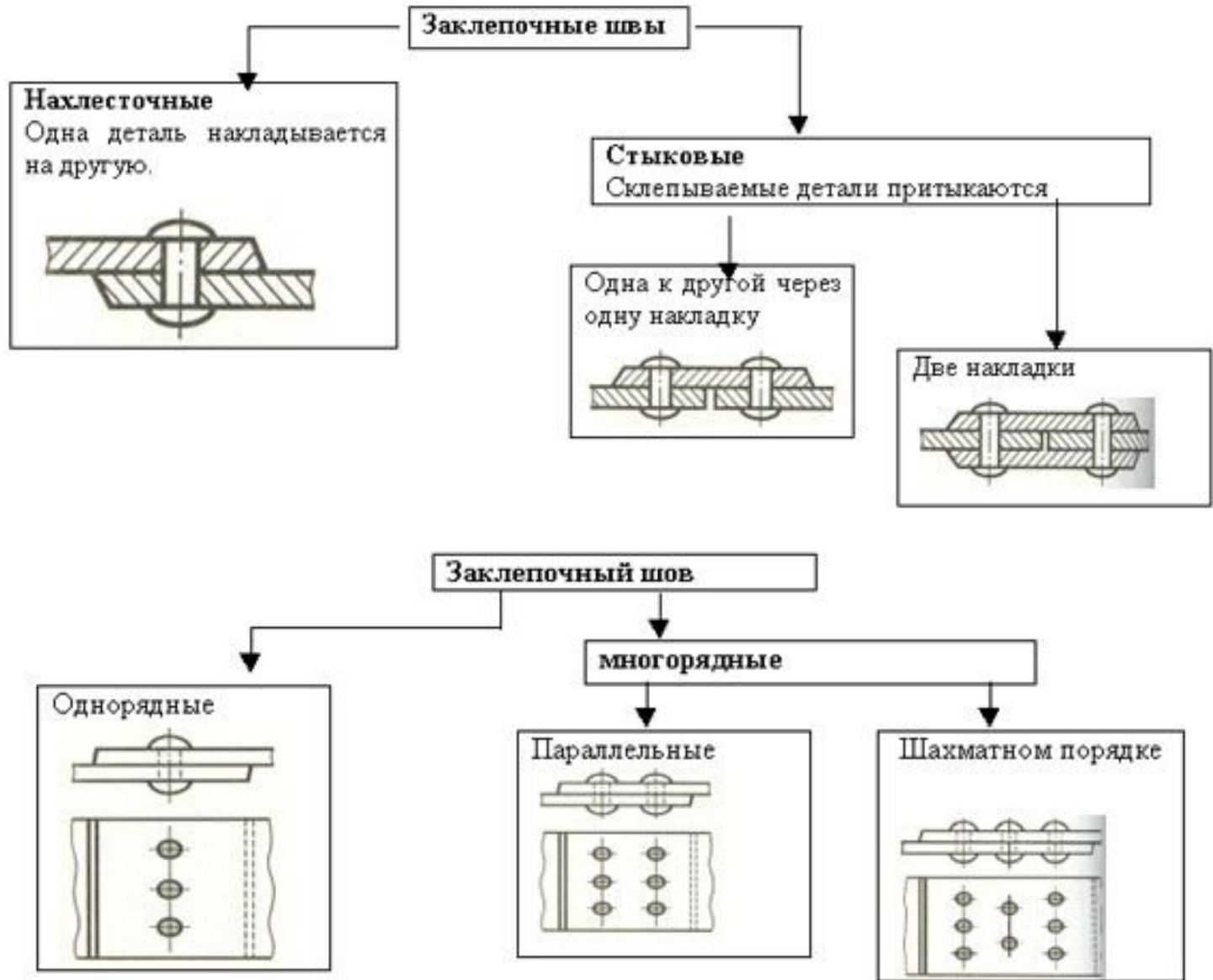
в — осаживание заготовок;

г — расклепывание замыкающей головки;

д — формирование замыкающей головки (1—натяжка; 2—поддержка; 3— молоток; 4— обжимка)

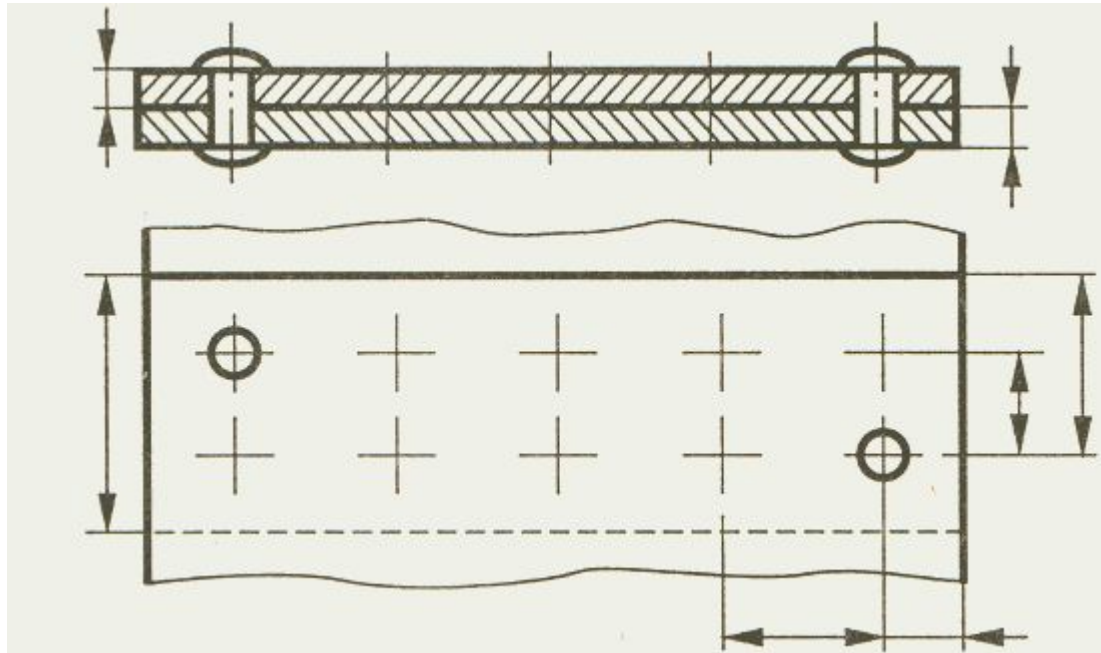
Классификация заклепочных

ШВОВ



Изображение заклепочных ШВОВ

допускается применять упрощения

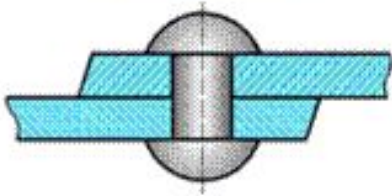


Типы заклепочных соединений.

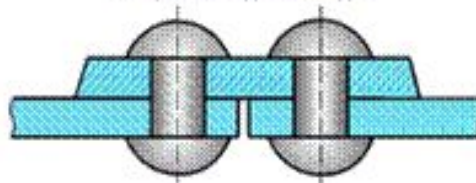
Виды заклёпок

По назначению бывают: прочные, плотные и прочно-

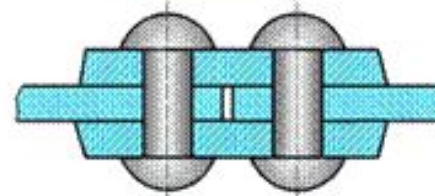
Соединение
внахлестку



Соединение с одной
накладкой



Соединение с двумя
накладками

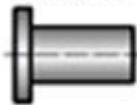


Заклепки со сплошным стержнем

С полукруглой головкой



С цилиндрической головкой



С конической головкой



С потайной головкой



С полупотайной головкой



Заклепки полупустотелые

С полукруглой головкой



С цилиндрической головкой



С конической головкой



С потайной головкой



С полупотайной головкой



Заклепки пустотелые (пистоны)

Со скругленной головкой



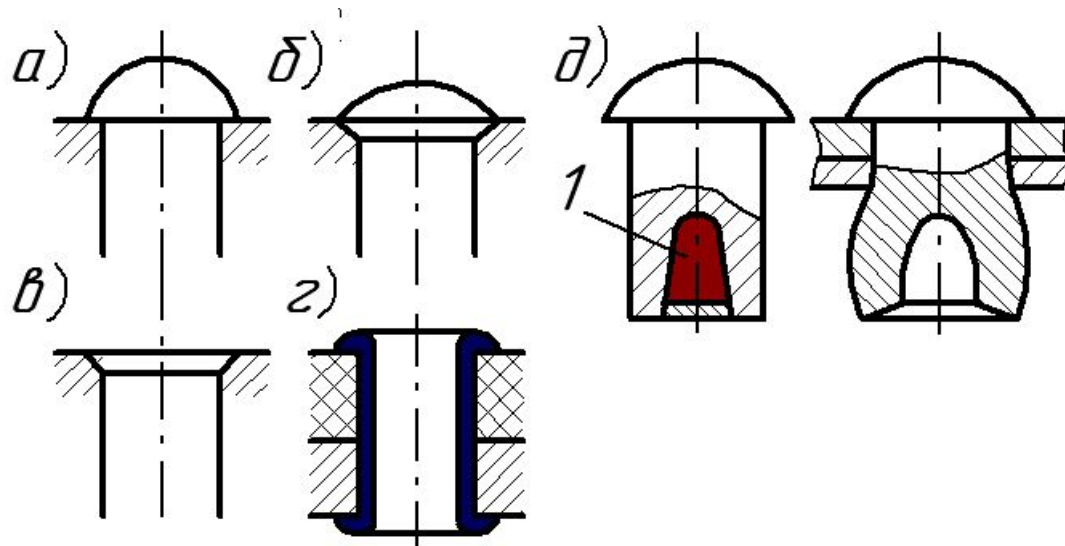
С плоской головкой



С потайной головкой



Типы заклепок



а) С полукруглой головкой;

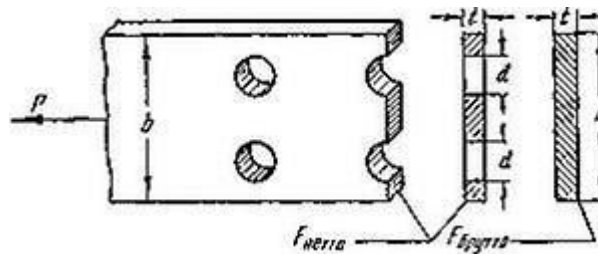
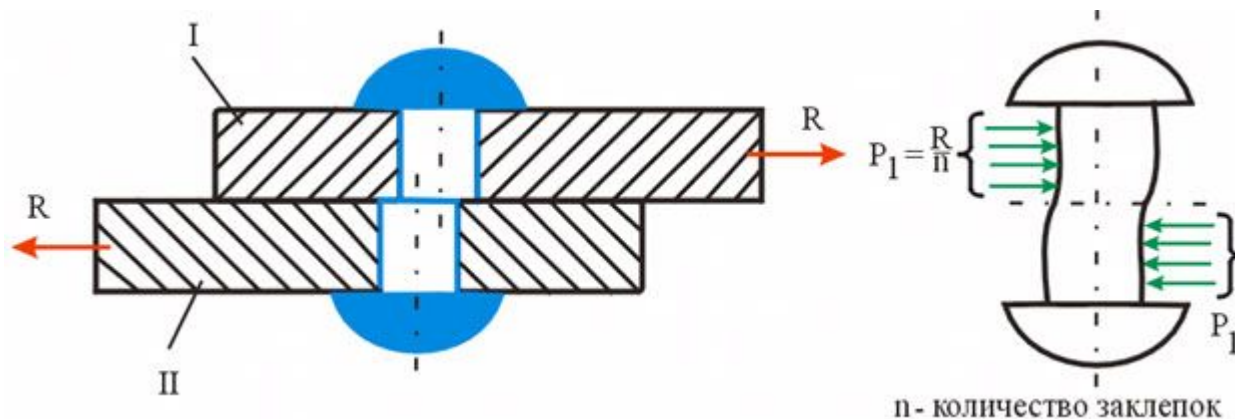
б) С полупотайной;

в) С потайной;

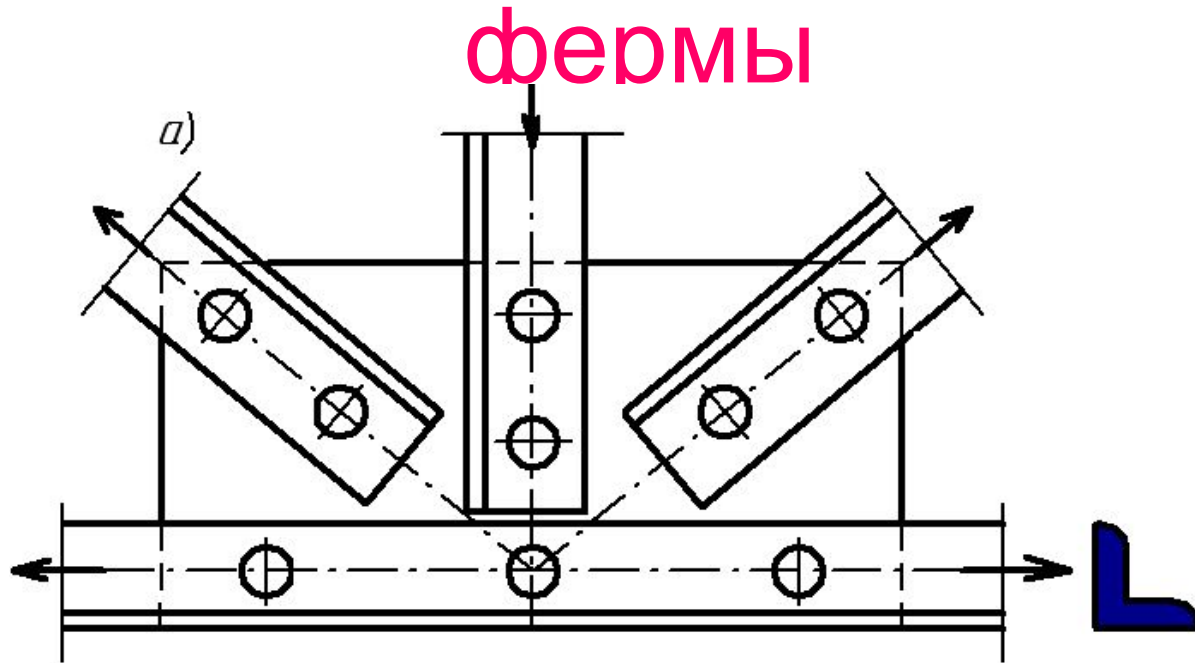
г) Трубчатая;

д) Если нет доступа к замыкающей головке , то применяют заклепки для односторонней клепки. Например, замыкающая головка образуется взрывом заряда.

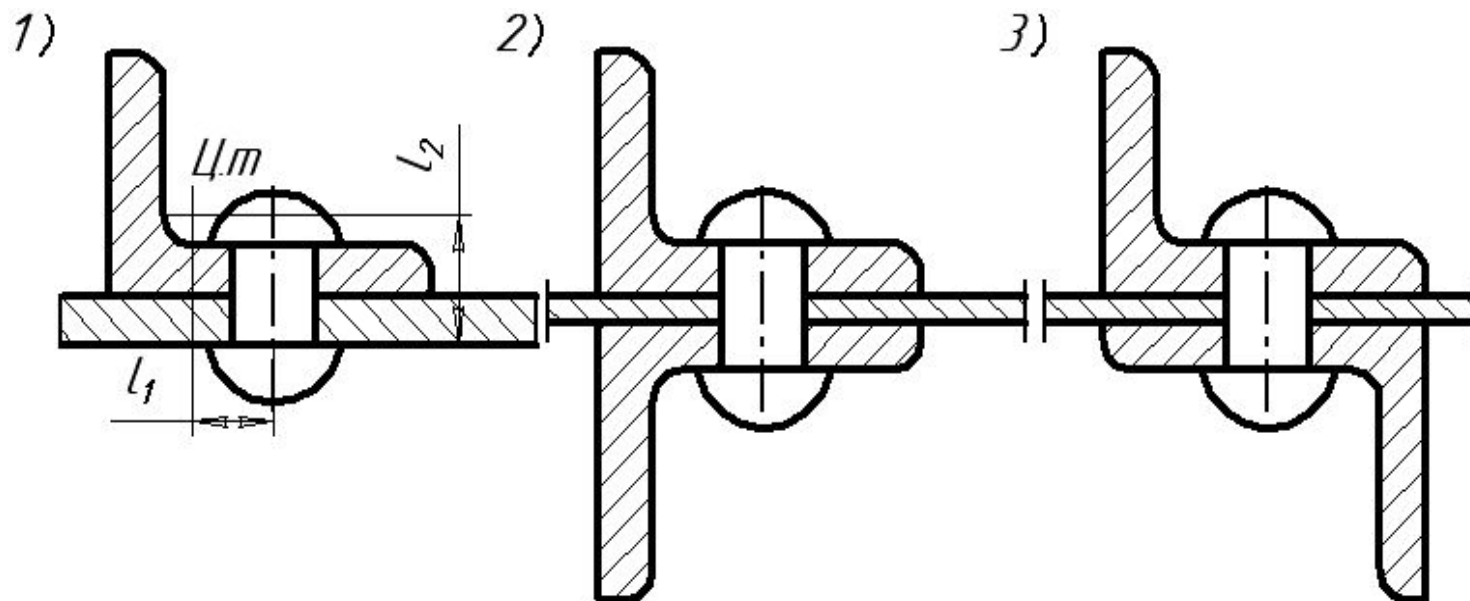
Расчет
заклепочных
соединений
ведется на
срез и смятие
Лист
рассчитываю
т на
растяжение
(на разрыв) по
сечению,
ослабленном
у
отверстиями
под заклепки.



Пример прочного соединения - конструкция **клепананого узла**



Стержни (уголки или другие профили) следует располагать так, чтобы расчетные линии действия сил, проходящие через центры тяжести сечений стержней, пересекались в одной точке. В противном случае в соединении кроме сил появятся моменты.



Число заклепок для каждого уголка должно быть не менее двух (иначе будет шарнир).

Заклепки следует размещать возможно ближе к оси, проходящей через центр тяжести стержня (например, уголка; рисунок 1). При смещении заклепки от этой оси в соединении возникают моменты, равные $F \cdot l_1$ и $F \cdot l_2$. Устранить влияние этих моментов можно применением симметричных стержней. В соединении, показанном на рисунке 2, устранен момент $F \cdot l_2$, а в соединении на рисунке 3, устранены оба момента.

Материалы заклепок и допускаемые напряжения

- Выбор материала и выбор допускаемого напряжения заклепок зависит от вида обработки и вида напряжения.

Виды напряжений	Обработка отверстия	Допускаемые напряжения, МПа	
		Ст0 и Ст2	Ст3
Срез	Сверление	140	140
Срез	продавливание	100	100
Смятие	Сверление	280	320
Смятие	продавливание	240	280

Сварные соединения

Сварка – это метод соединения двух деталей расплавлением.

Сварные соединения являются постоянными соединениями металлов (железа, сталей, алюминиевых сплавов, ...) или пластичных материалов.

Виды сварки:

- Электродуговая
- Автоматическая (сварка под флюсом)
- Контактная (стыковая, точечная, шовная)
- Газовая

Сосуды давления свариваются автоматической электродуговой сваркой.

Стальные элементы автомобилей с толщиной 1-4 мм свариваются точечной сваркой.

Алюминий и сталь не могут быть сварены вместе, так как они имеют различные температуры плавления.



ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

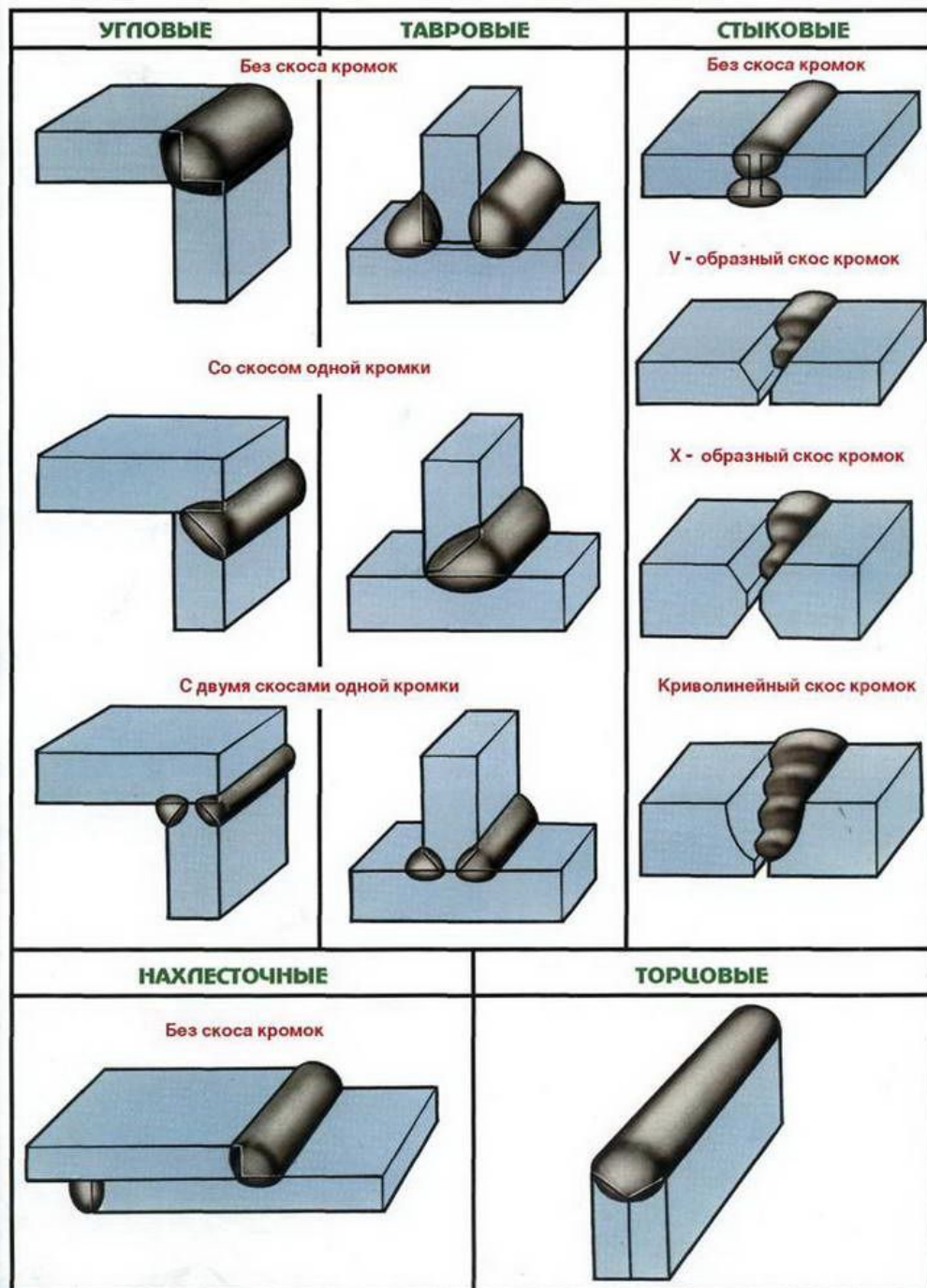
По назначению

различают сварные швы:

- прочные,
- плотные,
- прочно-плотные.

В зависимости от расположения в пространстве соединяемых деталей:

- стыковые;
- внахлестку;
- угловые,
- торцевые,
- тавровые.

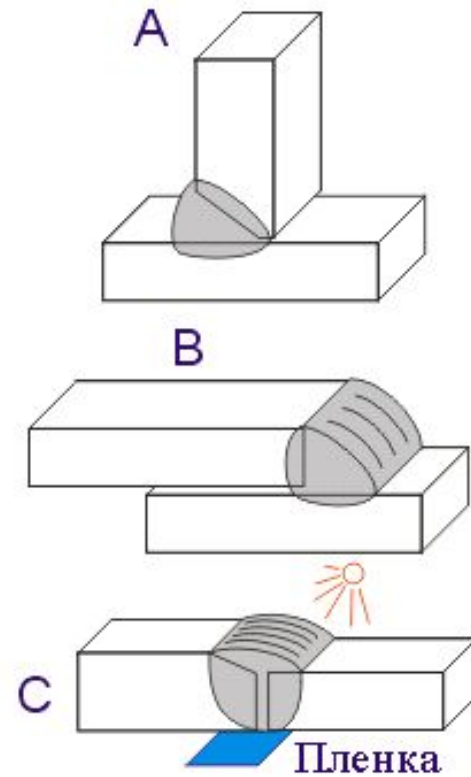


Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм
			подготовленных кромок	сварного шва	
СТЫКОВОЕ	С отбортовкой	Односторонний			1 - 4
	Без скоса				1 - 6
	Без скоса	Двусторонний			3 - 8
	С V-образным скосом	Односторонний			3 - 60
	С X-образным скосом	Двусторонний			8 - 120
	С K-образным скосом				8 - 100
С криволинейным скосом				15 - 100	
УГЛОВОЕ	Без скоса	Двусторонний			2 - 30
	Со скосом одной кромки				3 - 60
ТАВРОВОЕ	Без скоса	Двусторонний			2 - 40
	С двумя скосами одной кромки				8 - 100
НАХЛЕ-СТОЧНОЕ	Без скоса	Двусторонний			2 - 60

НАИМЕНОВАНИЕ	ПРИЧИНА	НАИМЕНОВАНИЕ	ПРИЧИНА
КРАТЕРЫ 	<ul style="list-style-type: none"> - Обрыв дуги - Неправильное выполнение конечного участка шва 	ПОДРЕЗЫ 	<ul style="list-style-type: none"> - Большой сварочный ток - Длинная дуга - При сварке угловых швов - смещение электрода в сторону вертикальной стенки
ПОРЫ 	<ul style="list-style-type: none"> - Быстрое охлаждение шва - Загрязнение кромок маслом, ржавчиной и т.п. - Непросушенные электроды - Высокая скорость сварки 	НЕПРОВАР 	<ul style="list-style-type: none"> - Малый угол скоса вертикальных кромок - Малый зазор между ними - Загрязнение кромок - Недостаточный сварочный ток - Завышенная скорость сварки
ВКЛЮЧЕНИЯ ШЛАКА 	<ul style="list-style-type: none"> - Грязь на кромок - Малый сварочный ток - Большая скорость сварки 	ПРОЖОГ 	<ul style="list-style-type: none"> - Большой ток при малой скорости сварки - Большой зазор между кромками - Под свариваемый шов плохо поджата флюсовая подушка или медная подкладка
НЕСПЛАВЛЕНИЯ 	<ul style="list-style-type: none"> - Плохая зачистка кромок - Большая длина дуги - Недостаточный сварочный ток - Большая скорость сварки 	НЕРАВНОМЕРНАЯ ФОРМА ШВА 	<ul style="list-style-type: none"> - Неустойчивый режим сварки - Неточное направление электрода
НАПЛИВ 	<ul style="list-style-type: none"> - Большой сварочный ток - Неправильный наклон электрода - Излишне длинная дуга 	ТРЕЩИНЫ 	<ul style="list-style-type: none"> - Резкое охлаждение конструкции - Высокие напряжения в жестко закрепленных конструкциях - Повышенное содержание серы или фосфора
СВИЩИ 	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая пластичность металла шва - Образование закалочных структур - Напряжение от неравномерного нагрева 	ПЕРЕГРЕВ (ПЕРЕЖОГ) МЕТАЛЛА 	<ul style="list-style-type: none"> - Чрезмерный нагрев околошовной зоны - Неправильный выбор тепловой мощности - Завышенные значения мощности пламени или сварочного тока

Наиболее часто
используемые сварные швы:

- А. Т-шОВ;
- В. Нахлесточный шОВ;
- С. Стыковой шОВ.



Разрушения:

- по шву,
- по месту сплавления детали с металлом шва
- по детали в зоне термического действия.

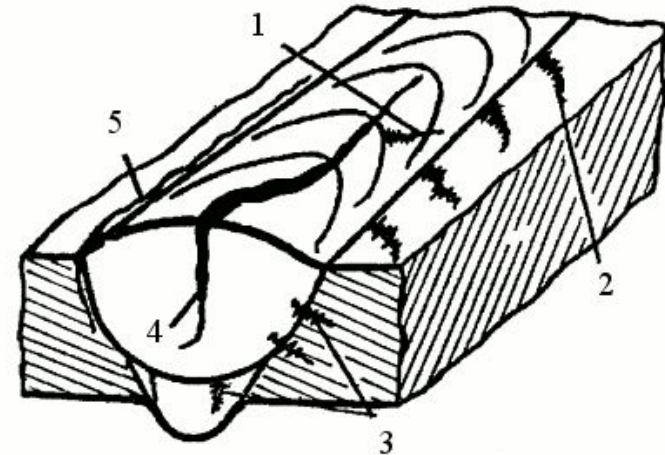
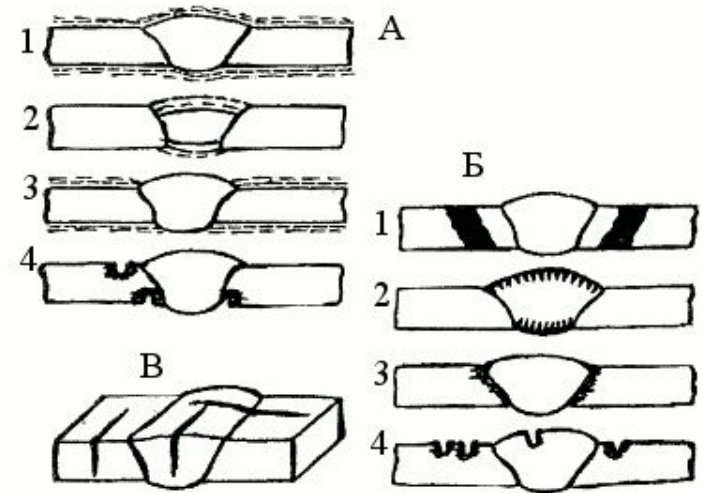


Рис. 1. Горячие трещины: 1—2—3 — поперечные трещины шва и зоны вокруг него в материале; 4—5 — трещины продольные

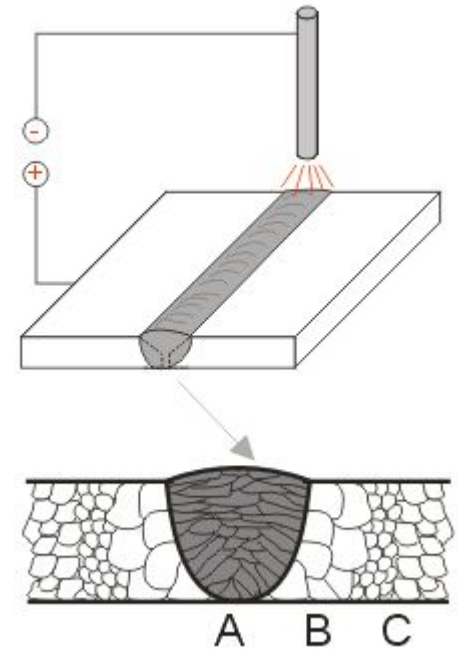
Рис.2. Коррозионные разрушения:

А — общая коррозия: 1 — равномерное распределение; 2 — шовная коррозия; 3 — интенсивная коррозия всего металла; 4 — ржавчина в зоне термического влияния;

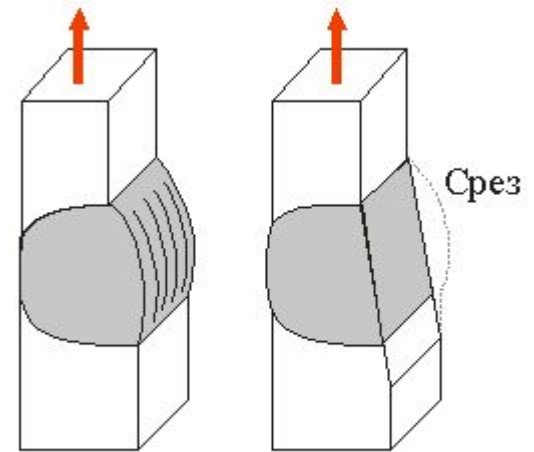
Б — местная коррозия: 1 — коррозия в термической зоне (межкристаллитная); 2 — шовная коррозия; 3 — коррозия в зоне сплавления; 4 — точечная коррозия;



- Высокая температура воздействует на структуру базового металла. Размер зерна увеличивается на границах сварного соединения в высокотемпературной зоне (ВТЗ). Вне ВТЗ размер зерна такой же как у базового металла. Прочность базового металла С и сварного шва А обычно выше, чем прочность ВТЗ В.
- Качество сварных швов зависит от режима сварки. Такой дефект, как непроварка шва вызван неподходящим режимом сварки (длина дуги, высокая скорость сварки).
- Для контроля качества сварных швов используются различные методы



- Операция срезания уменьшает концентрацию напряжений. Это позволяет увеличивать статическую прочность на растяжение на 5-10%, усталостную прочность на 20-50% и количество циклов до разрушения в 2-10 раз.



Расчет сварных стыковых соединений

- на растяжение: $\sigma = F/A = F/(b\delta) \leq [\sigma]$;
- на изгиб: $\sigma = M/W = 6M/(b\delta^2) \leq [\sigma]$,

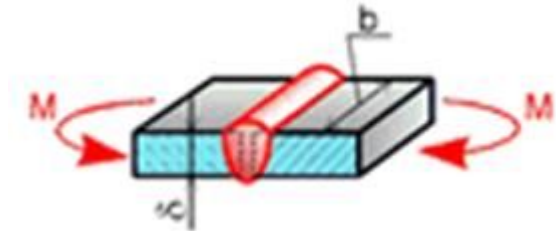
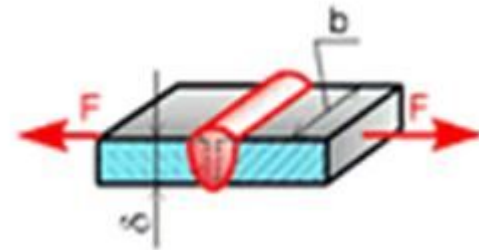
где b и δ — ширина и толщина полосы; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение для сварных соединений,

A — площадь поперечного сечения,

F — растягивающая сила,

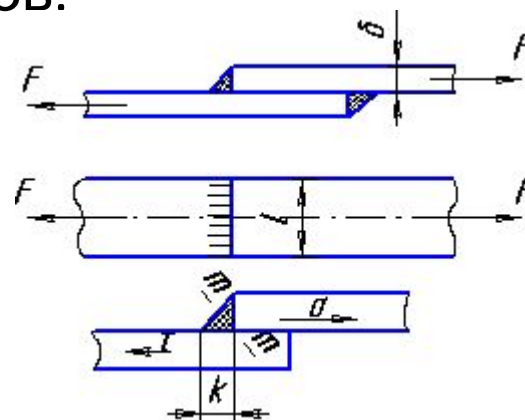
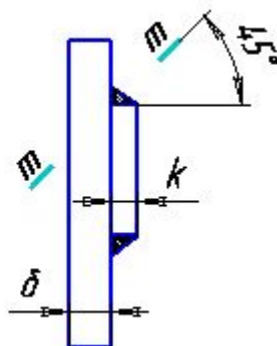
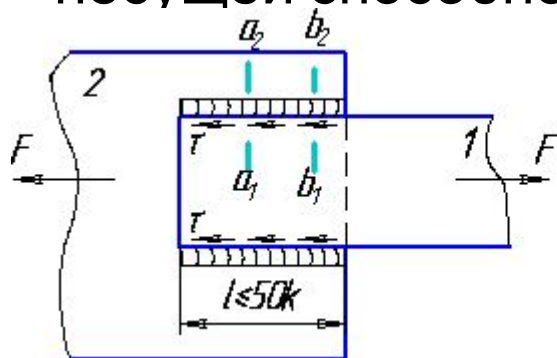
M — изгибающий момент,

W — момент сопротивления.

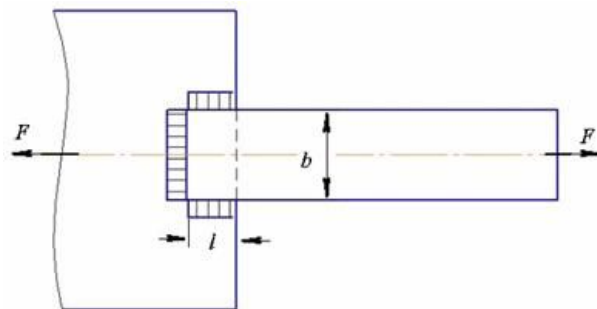


Расчет нахлесточных сварных соединений

- Фланговые, лобовые, комбинированные швы.
- Основными напряжениями являются касательные напряжения τ в сечении $m - m$.
- Комбинированные соединения рассчитывают на основе принципа распределения нагрузки пропорционально несущей способности отдельных швов.



$$\tau = F / (2 \cdot b \cdot 0,7k) \leq [\tau]$$



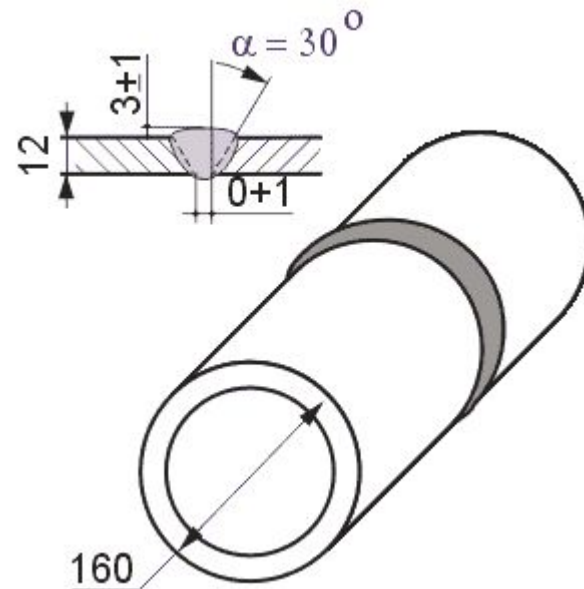
$$\tau = F / ((2 \cdot l + b) \cdot 0,7k) \leq [\tau]$$

Допускаемое напряжение для сварных швов

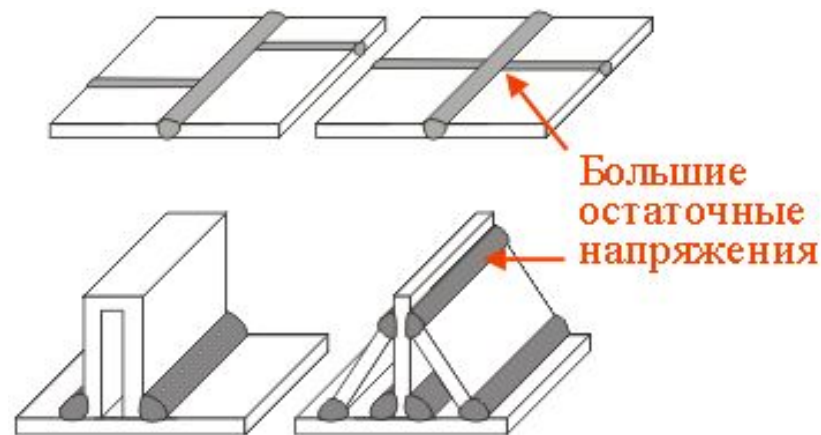
Вид технологического процесса сварки	Допускаемые напряжения в швах при		
	растяжении [σ] _р	сжатии [σ] _{сж}	срезе [τ]
Автоматическая под флюсом, ручная электродами Э42А и Э50А, контактная стыковая	[σ] _р	[σ] _р	0,65[σ] _р
Ручная дуговая электродами Э42 и Э50, газовая сварка	0,9[σ] _р	[σ] _р	0,6[σ] _р
Контактная точечная и шовная	—	—	0,5[σ] _р

Примечание. [σ]_р = σ_T/s — допускаемое напряжение на растяжение для материала соединяемых деталей при статических нагрузках. Для металлических конструкций запас прочности $s \approx 1,4...1,6$.

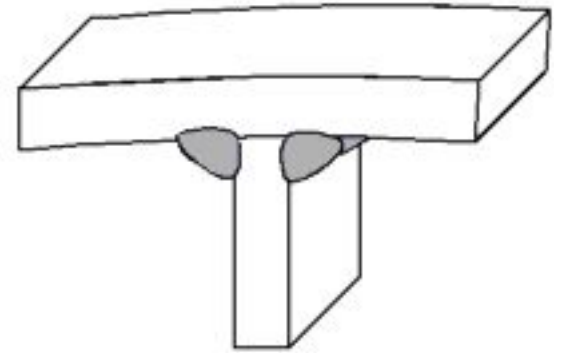
- Предварительная подготовка кромок гарантирует полное расплавление и высокое качество соединения. Соединения могут быть сварены за один проход или за несколько проходов. Подготовка кромок зависит от толщины. $\alpha = 30^\circ$ обычно применяется для небольших толщин.



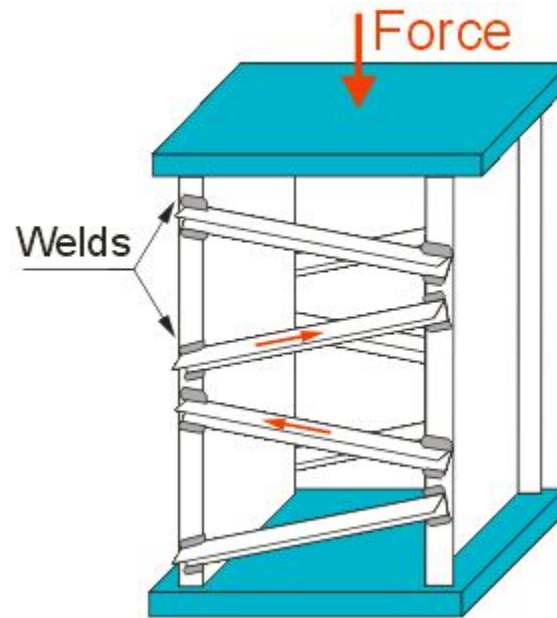
- Лучше избегать пересечений нескольких стыковых швов. Пересечения создают концентрацию зон поврежденных высокой температурой.
- Чем больше количество сварных швов и меньше закрытых структурных контуров, тем выше остаточное напряжение в сваренной структуре.



- Сваренный металл сжимается при охлаждении. Сварные “натяжения” металлических листов стремятся в центр сварного шва. На рисунке все деформации более увеличены.

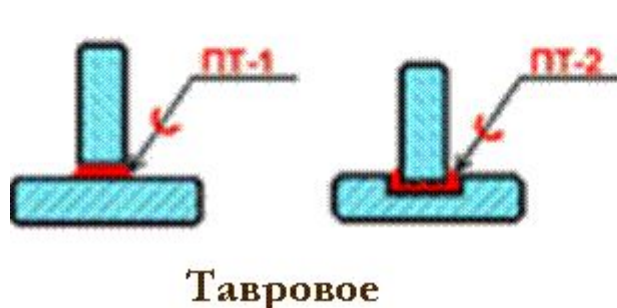


- В раскосах имеются растягивающие и сжимающие силы. В сварных швах доминируют напряжения сдвига.



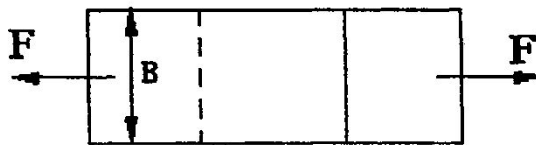
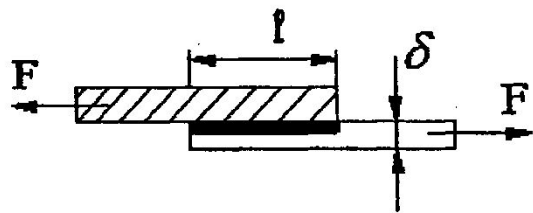
Соединения пайкой

- При соединении пайкой до температуры плавления нагревают не соединяемые детали, а припой — специальный металл или сплав, который плавится при более низкой температуре, чем металл соединяемых деталей.
- Типы паяных соединений



Клеевые соединения

- применяют в тех же конструкциях, что и сварные соединения, на преимущественно тонкостенных, выполненных из листового материала, в ответственных узлах машин и сооружений, например самолетах и мостах, в тормозных колодках.
- Клеевые соединения могут быть: 1) нахлесточные, 2) стыковые по косому срезу, 3) с накладками



1

2

Достоинства:

1. Возможность соединения деталей из разных материалов.
2. Герметичность.
3. Высокая коррозионная стойкость.
4. Хорошее сопротивление усталости

Недостатки:

1. Недостаточная прочность.
2. Ограниченная теплостойкость.
3. Зависимость прочности соединения от сочетания материалов склеиваемых деталей, температуры склеивания и условий работы.
4. Требование тщательной подготовки поверхностей.



Механические характеристики клеев

Типы клеев	Прочность $H/мм^2$
1. БФ-2, ВС-10Г (феноформальдегид)	8
2. ЭД-6 (эпоксидная смола)	45
3. ПУ-2 (полиуретановый)	35
4. ВК-41 (полиакриловый)	23

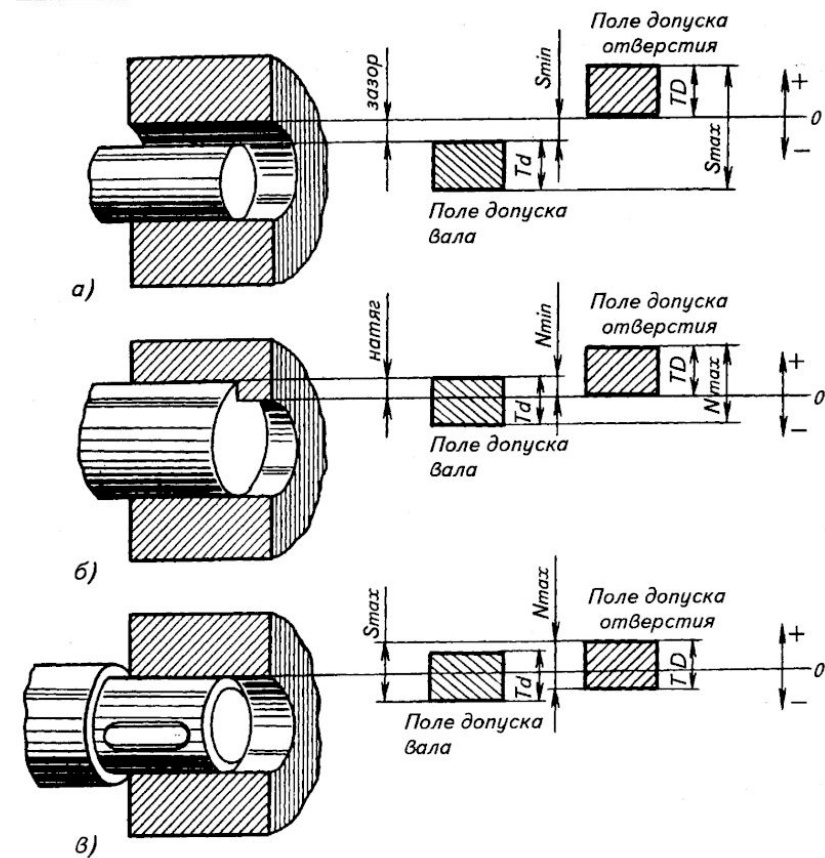
При расчете нахлесточного клеевого шва размер нахлестки может быть определен из условия равнопрочности соединяемых деталей и клеевого шва:

Расчет на срез,

Расчет на смятие

СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ (условно неразъёмные)

- **Натягом** называют положительную разность диаметров вала и отверстия.
- После сборки вследствие упругих и пластических деформаций диаметр посадочных поверхностей становится общим. При этом на поверхности посадки возникают силы трения, которые обеспечивают неподвижность соединения.



Достоинства соединений с натягом:

- простая технология изготовления;
- хорошее центрирование (базирование) соединяемых деталей;
- эти соединения могут воспринимать значительные силы и моменты, в т.ч. постоянные, переменные, реверсные, ударные.

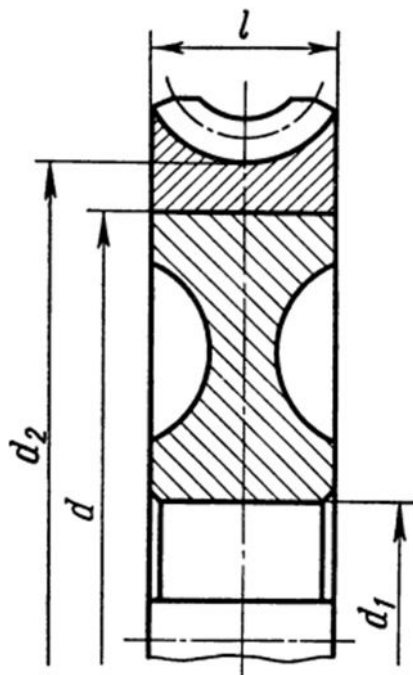


Рис 2.1. Червячное колесо с напрессованным венцом

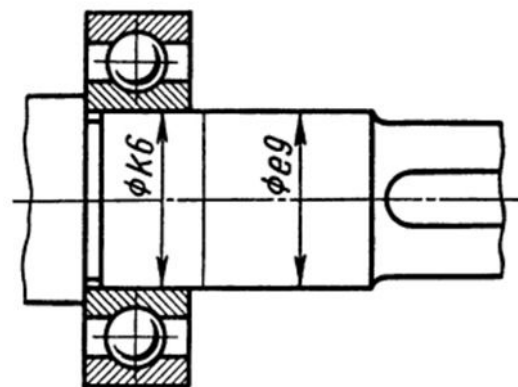
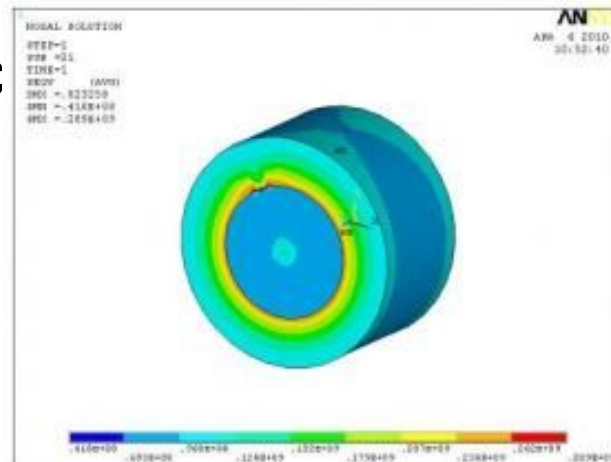


Рис. 2.2. Крепление внутреннего кольца подшипника на валу посадкой с натягом

Недостатки соединений с натягом:

- большое рассеяние прочности (несущей способности) среди одинаковых соединений в связи с рассеянием действительных сопрягаемых размеров в пределах полей допусков и в связи с рассеянием значений коэффициента трения;
- снижение усталостной прочности валов из-за появления концентрации напряжений;
- трудности неразрушающего контроля соединений;
- сложность сборки и разборки при больших натягах;
- возможность повреждения поверхностей при разборке.

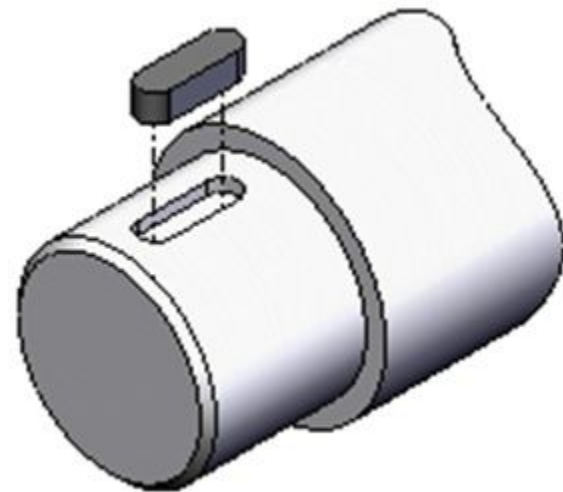


Способы получения соединений с натягом

- Запрессовка
- Нагрев охватывающей детали (для сталей допускаемая температура нагрева 230...240 °С)
- Охлаждение охватываемой детали (сухим льдом или жидким воздухом)
- Гидрозапрессовка

5.4.4 Шпоночные и Шлицевые соединения

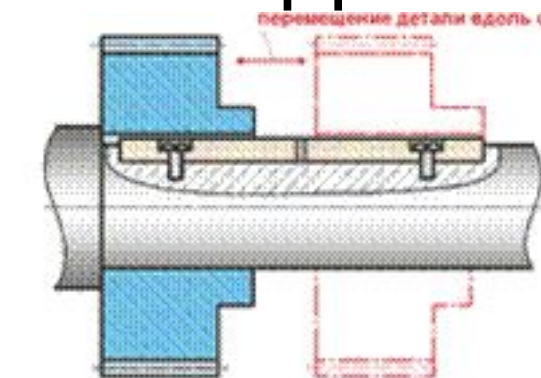
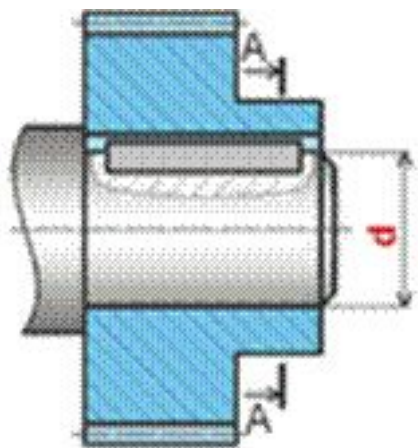
- Шпонка представляет собой стальной брус, вставляемый в пазы вала и ступицы. Она служит для передачи момента между валом и ступицей колеса, шкива, звездочки.
- Шпоночные соединения служат для закрепления деталей на осях и валах. Такими деталями являются шкивы, зубчатые колеса, муфты, маховики, кулачки и т.д. Эти соединения могут передавать в основном вращающий мо



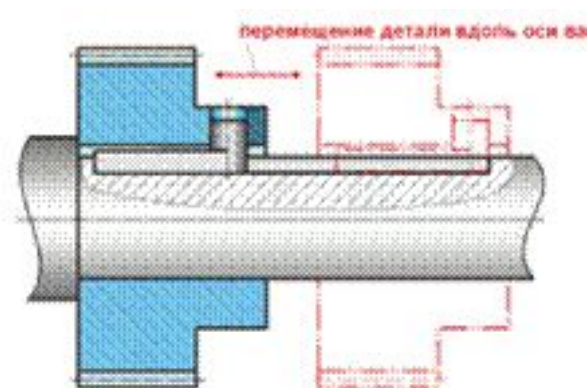
- Классификация шпоночных соединений



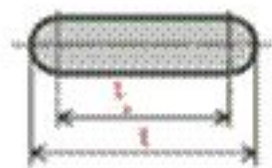
Виды ненапряженных шпоночных соединений



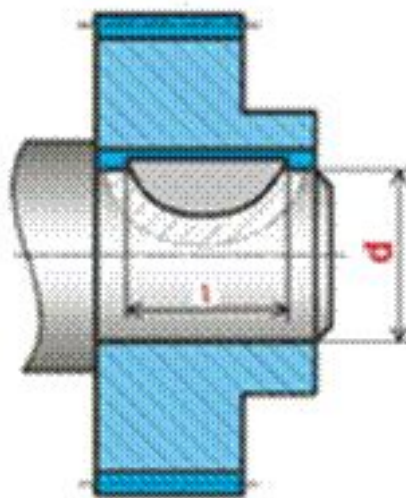
Соединение направляющей призматической шпонкой



Соединение скользящей призматической шпонкой

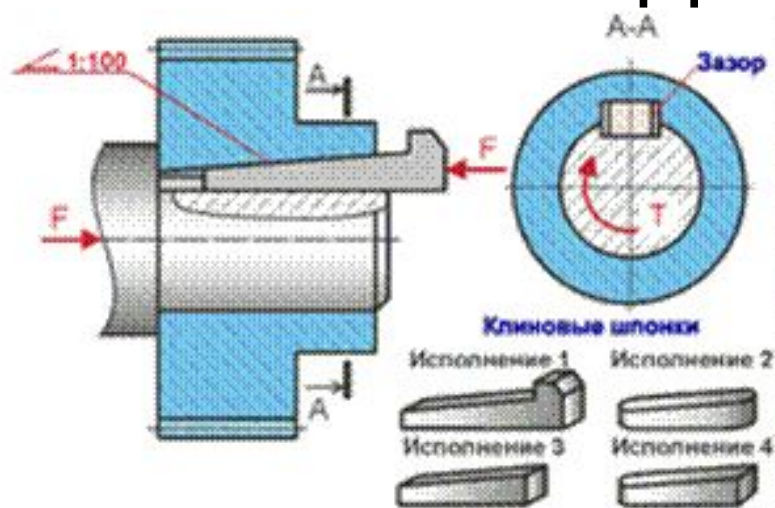


Соединение призматической шпонкой

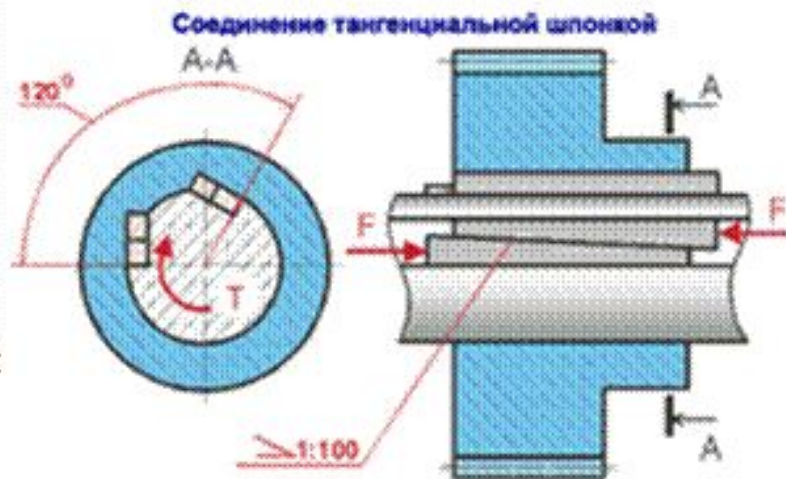


Соединение сегментной шпонкой

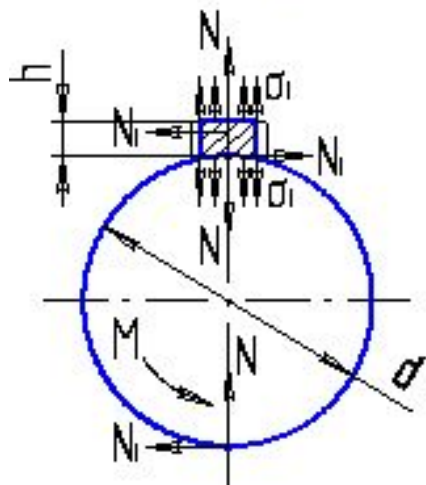
Виды напряженных шпоночных соединений



Соединение врезной клиновой шпонкой

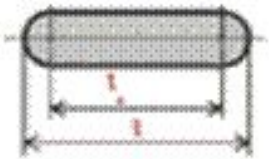
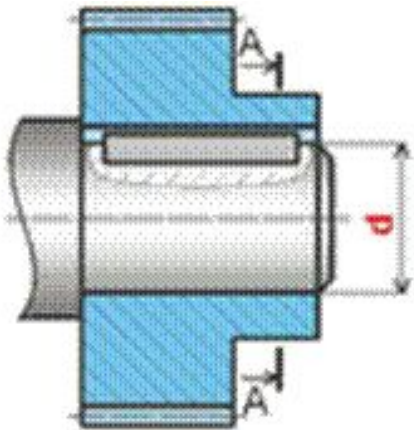


Соединение тангенциальной шпонкой

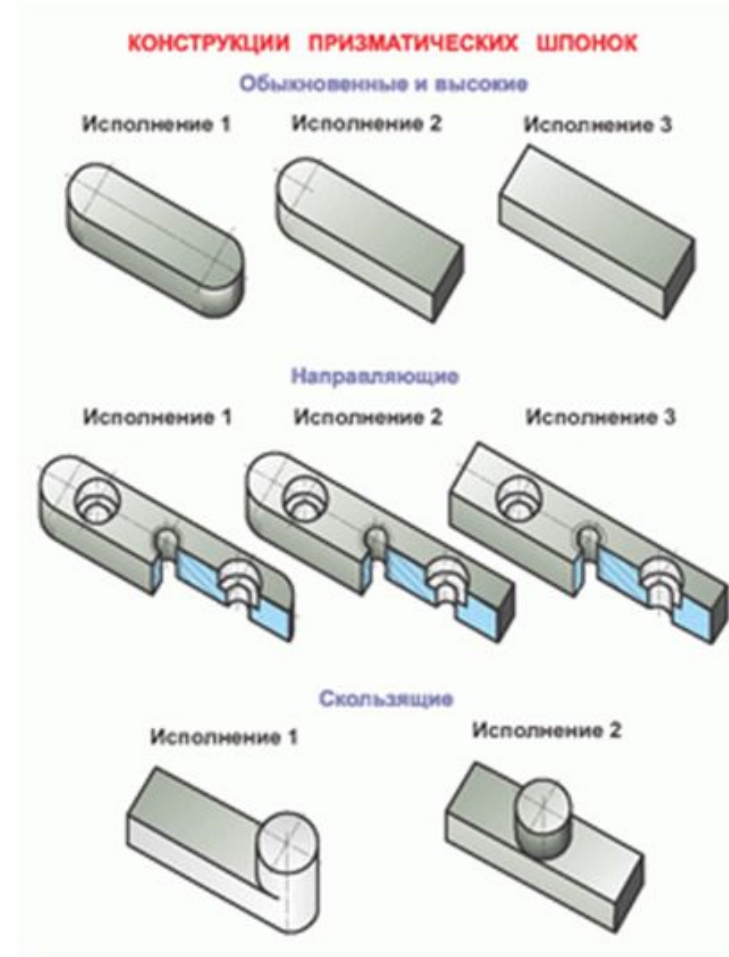


Фрикционная
клиновая шпонка

Расчет шпоночного соединения призматической шпонкой



$$\sigma_{сж} = 4T / (h \cdot l_p \cdot d) \leq [\sigma_{сж}]$$



Шлицевые соединения

- образуются выступами-зубьями на валу и соответствующими впадинами шлицами в ступице
- Виды шлицевых соединений



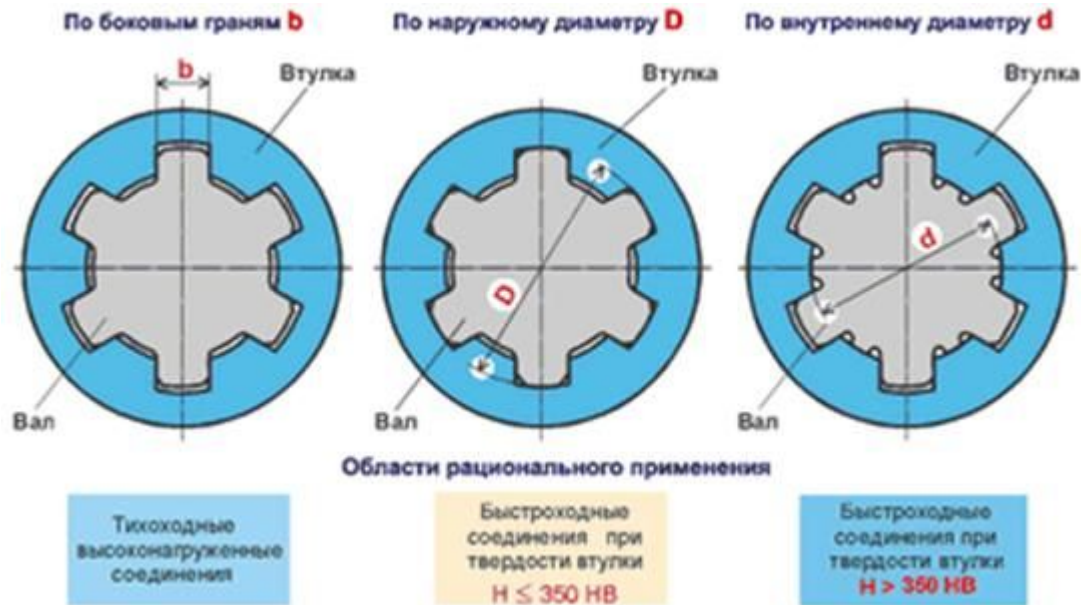
Достоинства шлицевых соединений:

- лучше центрируются;
- уменьшается число деталей соединения;
- повышенная прочность соединения;
- уменьшенная длина ступицы;
- высокая прочность при динамических нагрузках.

Недостатки шлицевых соединений:

- более сложная технология изготовления по сравнению со шпоночными соединениями;
- высокая стоимость.

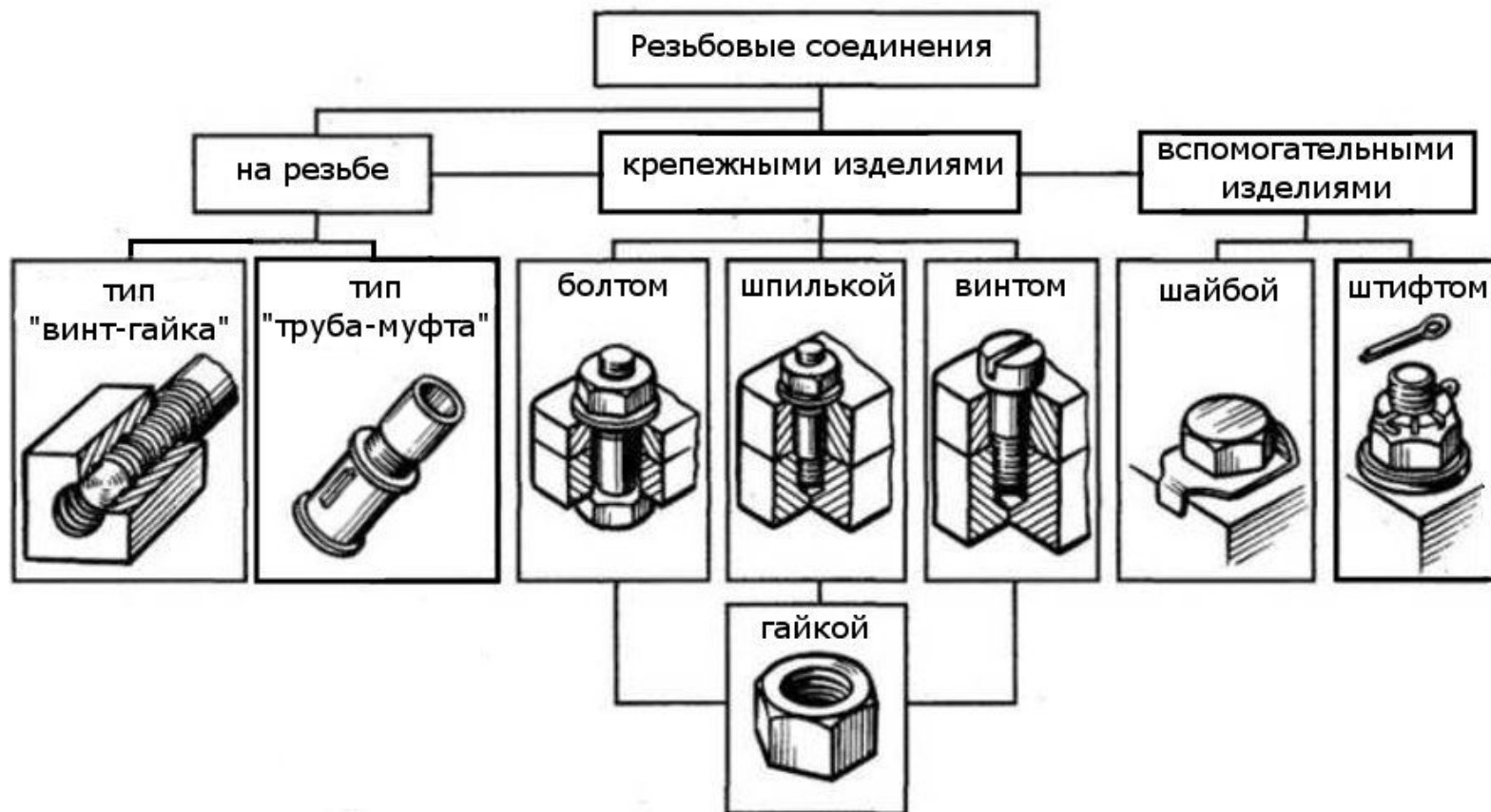
Виды центрирования прямобочных шлицевых соединений



Резьбовые соединения

Два основных вида резьбы:

- Винтовая передача, такая как автомобильный домкрат (преобразующий вращающее движение в линейное).
- Резьбовые соединения: гайка и болт, которые соединяют два или более компонента вместе;



Резьбовые соединения описываются внешним диаметром d или размером резьбы.

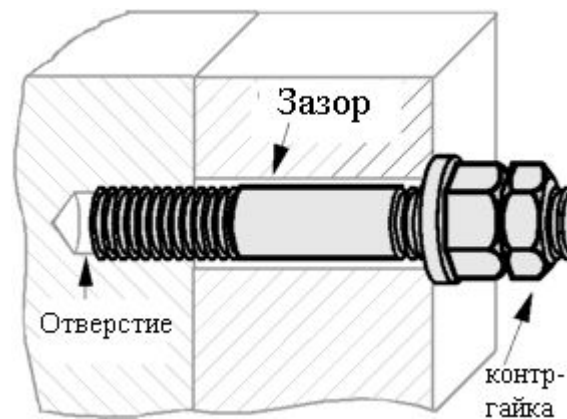
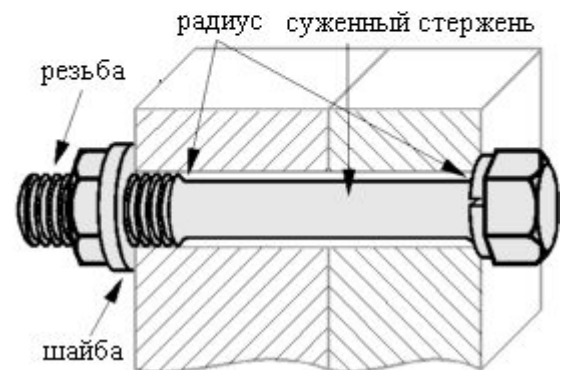
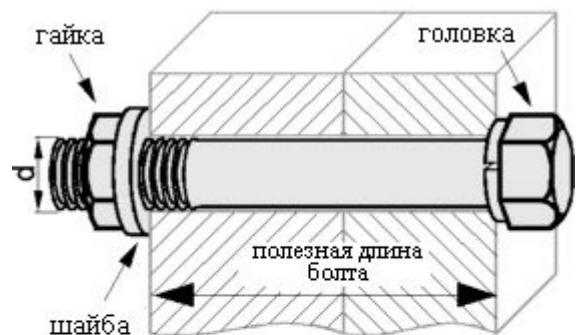
Болт, шпилька или другая деталь с внешней резьбой называется винтом.

Изделие из металла с нарезанным отверстием, в которое вворачивается винт называется гайкой.

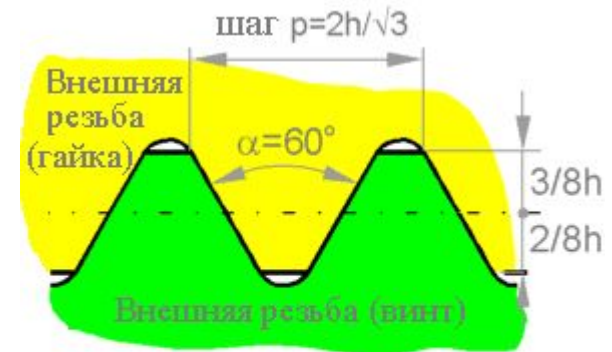
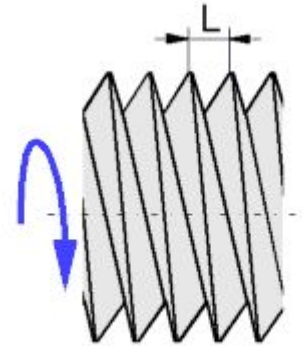
«Суженые» болты имеют меньшую концентрацию напряжений и выдерживают большое число циклов до разрушения.

Концентрацию напряжений также уменьшают сглаживающей галтелью между стержнем и головкой болта.

Пружинная шайба или контргайка предотвращают ослабление соединения при вибрации



- Вращение гайки на винте на один оборот приводит к ее перемещению вдоль винта на расстояние L (шаг резьбы).
- Расстояние между одинаковыми точками на резьбе также называется шагом резьбы.
- М24х3 относится к Метрической резьбе с главным диаметром 24 мм и шагом резьбы 3 мм. Вращение гайки на один оборот перемещает ее вдоль винта на 3 мм.
- A_s – площадь напряжений, используемая в расчетах прочности болта.



$$A_s = \frac{\pi}{4} (d - 0.99382p)^2$$

Достоинства резьбовых соединений.

1. Обеспечивают возможность многократной сборки-разборки.
2. При небольшой силе на ключе создают значительные силы затяжки вследствие клинового действия резьбы и большого отношения длины L гаечного ключа к радиусу r резьбы ($L/r \gg 1$).
3. Позволяют производить сборку деталей при различном взаимном их расположении. Тем самым с помощью резьбовых деталей можно выполнять регулирование, в том числе и регулирование осевого положения деталей на валу или осевого положения самого вала в корпусе.

Недостатки:

- сравнительно большие размеры фланцев для размещения гаек или головок винтов,
- наличие большого количества концентраторов напряжений на поверхностях резьбовых деталей, которые снижают их сопротивление усталости при переменных нагрузках

Классификация резьб

- По форме основной поверхности различают цилиндрические и конические резьбы.
- По форме профиля различают треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, круглые и другие резьбы.
- По направлению винтовой линии различают правую и левую резьбы.
- По числу заходов различают однозаходную, двухзаходную и т.д. резьбы.

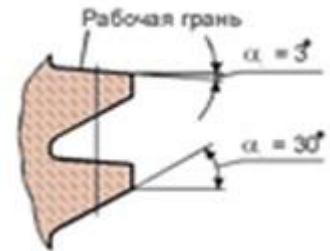
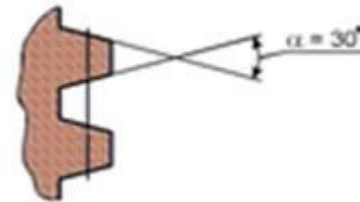
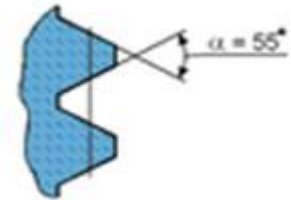
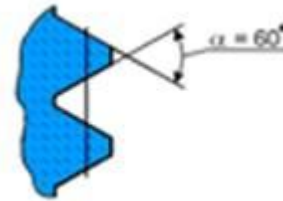


Типы резьб

- Метрическая
- Дюймовая (1 дюйм = 25,4 мм)

Для передач винт-гайка:

- Трапецидальная
- Упорная
- Прямоугольная
- Круглая



Трубная резьба

- является мелкой дюймовой резьбой с закругленными выступами и впадинами. Отсутствие радиальных зазоров делает соединение герметичным. Применяется для соединения труб. Высокую плотность соединения дает трубная коническая резьба

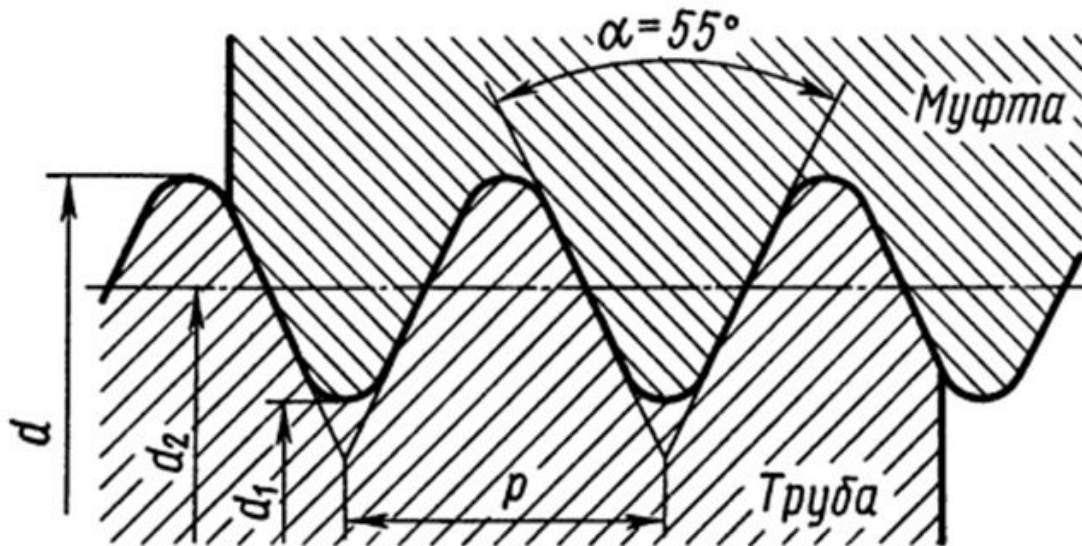


Рис. 3.9. Трубная резьба

Основные характеристики резьб:

- единица измерения шага (метрическая, дюймовая, модульная, питчевая резьба)
- расположение на поверхности (внешняя и внутренняя резьба)
- направление движения винтовой поверхности (правая, левая);
- число заходов (одно- и многозаходная), например двузаходная, трёхзаходная и т. д.;
- профиль (треугольный, трапецеидальный, прямоугольный, круглый и др.);
- образующая поверхность на которой расположена резьба (цилиндрическая резьба и коническая резьба);
- назначение (крепёжная, крепёжно-уплотнительная, ходовая и др.).

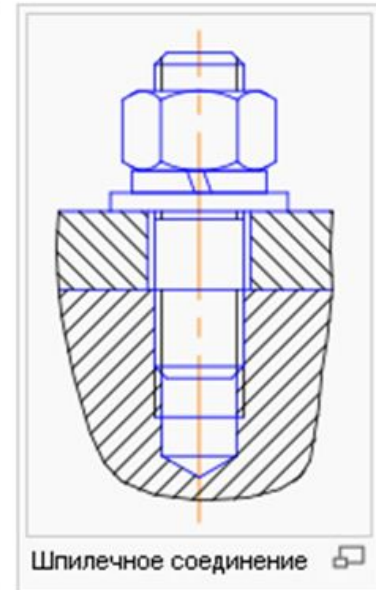
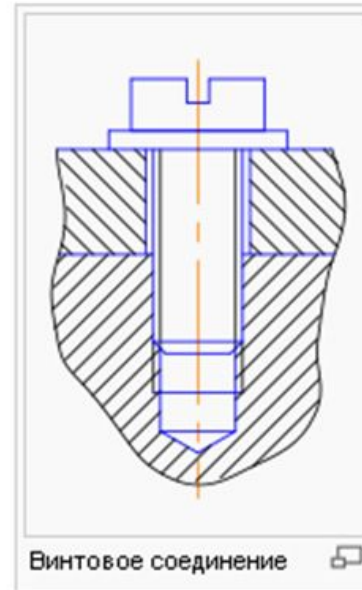
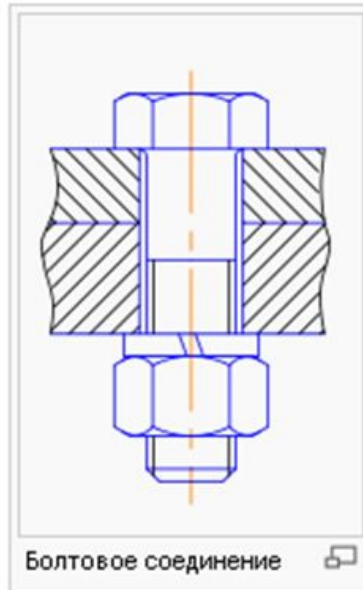
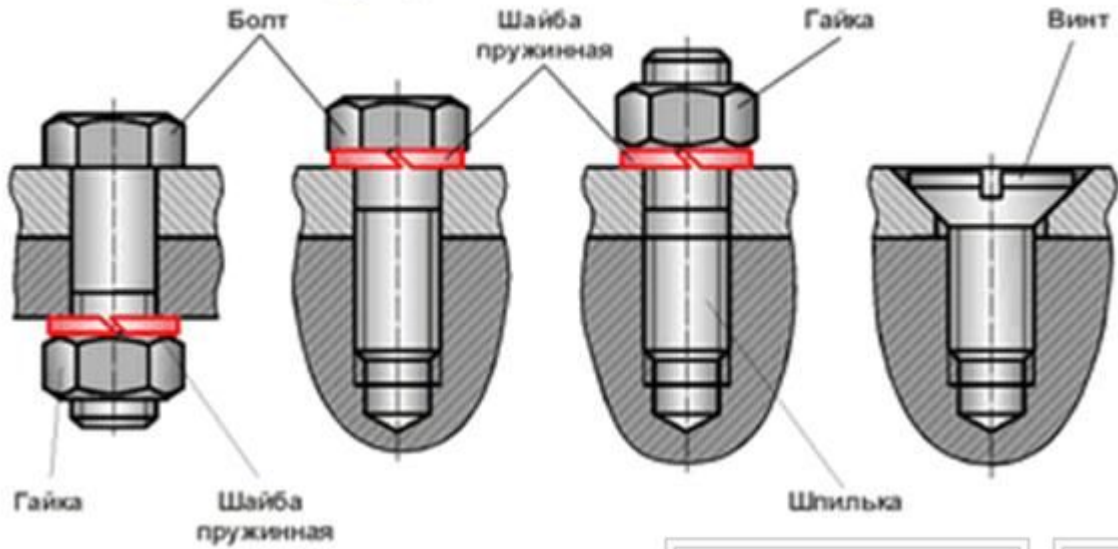
Основные типы резьбовых соединений

Крепление деталей болтом и гайкой

Крепление деталей ввинчиванием болта в одну из деталей

Крепление деталей шпилькой и гайкой

Крепление деталей винтом



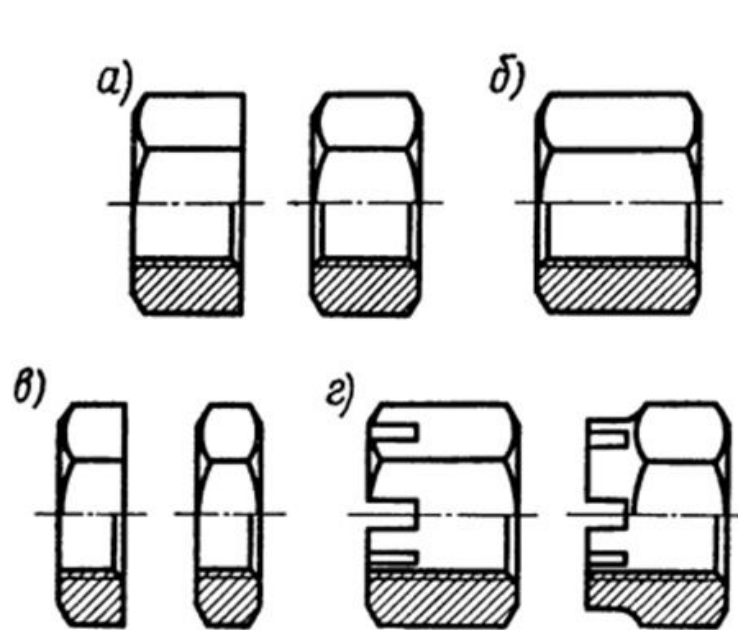


Рис. 3.20. Гайки шестигранные

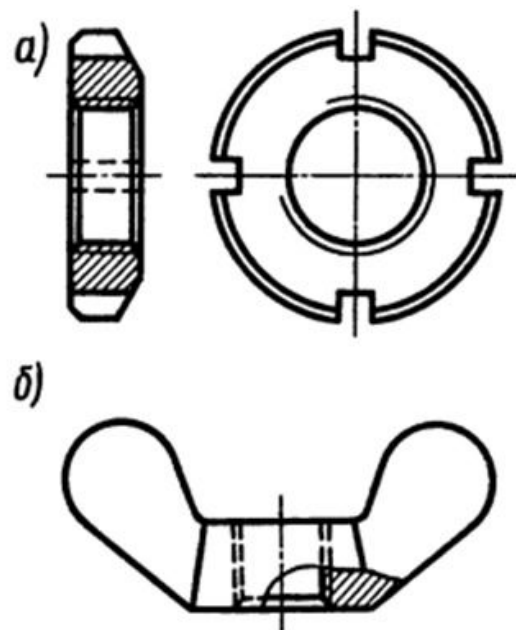


Рис. 3.21. Гайка круглая и гайка-барашек

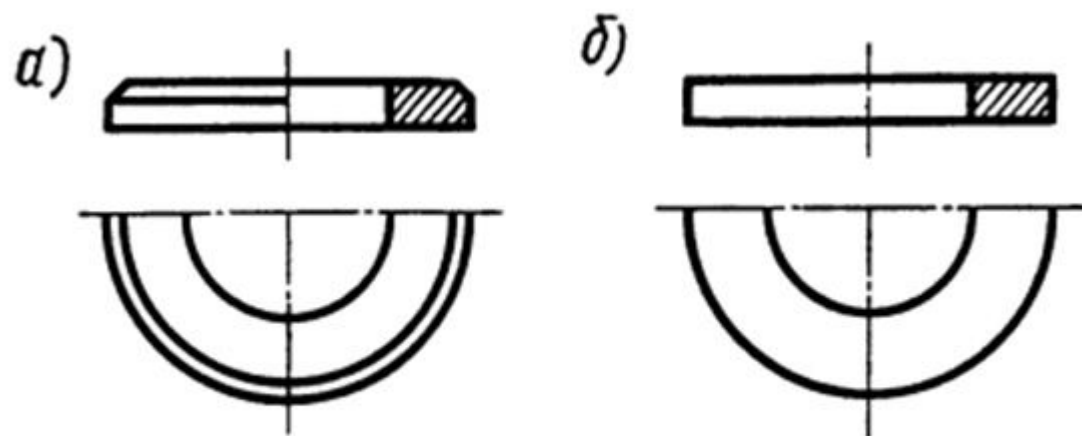


Рис. 3.22. Шайбы

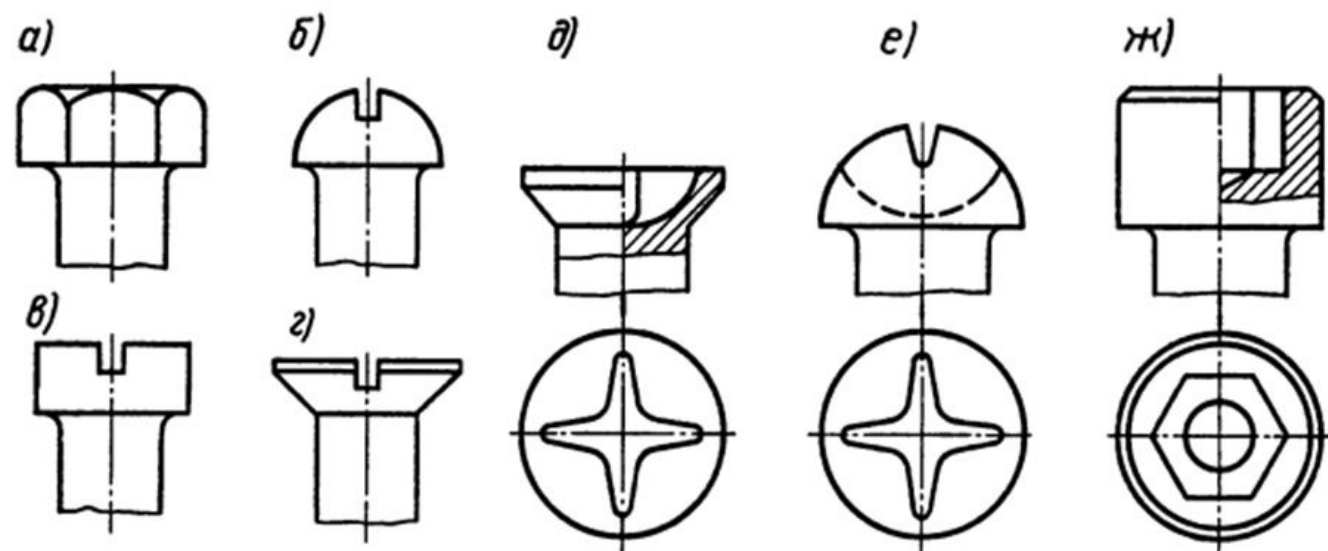


Рис. 3.15. Формы головок болтов и винтов

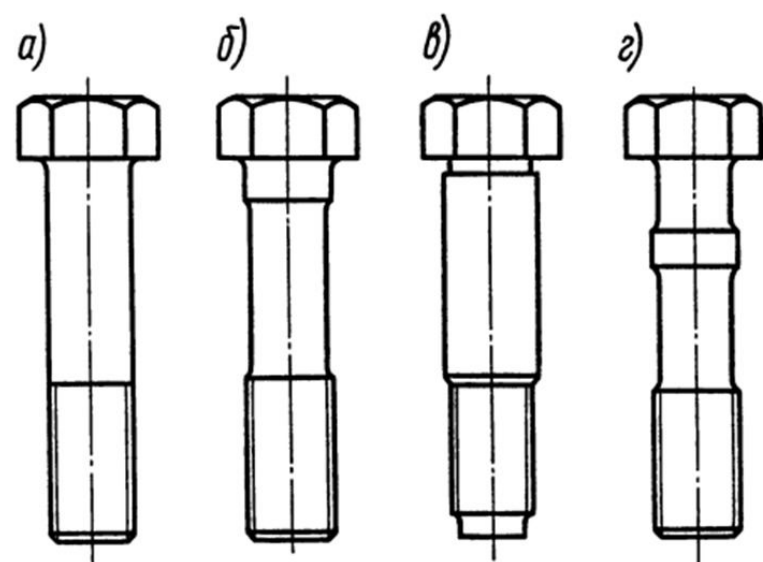


Рис. 3.16. Формы стержня болтов и винтов

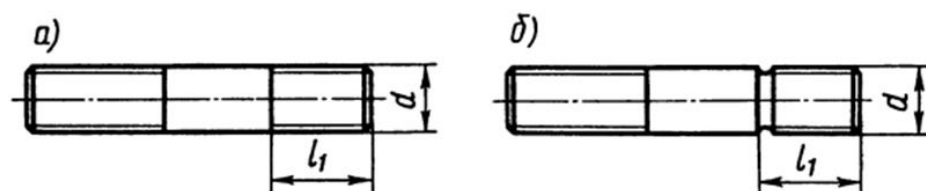


Рис. 3.19. Шпильки

Таблица стандартных метрических резьб, поля допусков

Диаметр резьбы $d = D$			Шаг резьбы P	Средний диаметр $d_2 = D_2$	Внутренний диаметр $d_1 = D_1$	Рабочая высота профиля резьбы H_1
Ряд						
1	2	3				
2			0,4	1,740	1,567	0,217
	2,2		0,45	1,908	1,713	0,244
2,5			0,45	2,208	2,031	0,244
3			0,5	2,675	2,469	0,271
	3,5		0,6	3,110	2,851	0,325
4			0,7	3,545	2,242	0,379
	4,5		0,75	4,013	3,688	0,406
5			0,8	4,480	4,134	0,433
6			1	5,351	4,918	0,541
		7	1	6,351	5,918	0,541
8			1,25	7,188	6,647	0,677
		9	1,25	8,188	7,647	0,677
10			1,5	9,026	8,376	0,812
		11	1,5	10,026	9,376	0,812
12			1,75	10,863	10,106	
	14		2	12,701	11,835	
16			2	14,701	13,835	
	18		2,5	16,376	15,294	
20			2,5	18,376	17,294	
	22		2,5	20,376	19,294	
24			3	22,051	20,752	
	21		3	25,051	23,752	
30			3,5	27,727	26,211	
	33		3,5	30,727	29,211	
36			4	33,402	31,670	
	39		4	36,402	33,670	
42			4,5	39,077	37,129	
	45		4,5	42,077	40,129	
48			5	44,752	42,587	
	52		5	48,752	46,587	
56			5,5	52,428	50,046	
	60		5,5	56,428	54,046	
64			6	60,103	57,505	
	68		6	64,103	61,505	

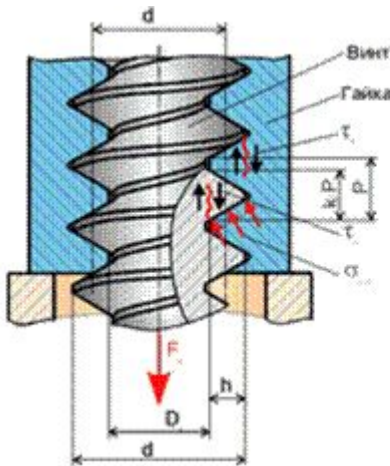
ПОЛЯ ДОПУСКОВ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО ГОСТ 16093-81

Класс точности резьбы	Поле допусков резьб	
	болтов	гаек
Точный	4h	4H5H
Средний	6h; 6g*; 6e; 6d	5H6H; 6H*; 6G
Грубый	8h; 8g*	7H*; 7G

Примечание. * - поля допусков предпочтительного применения.

Проверка элементов резьбы на прочность

- Основные виды разрушения резьб: срез витков и износ витков.
- В соответствии с этим основными критериями работоспособности и расчета для резьб являются прочность, связанная с напряжениями среза τ и износостойкость, связанная с напряжениями смятия σ



$$\sigma = F_3 / (\pi d_p^2 / 4) \leq [\sigma_p]$$

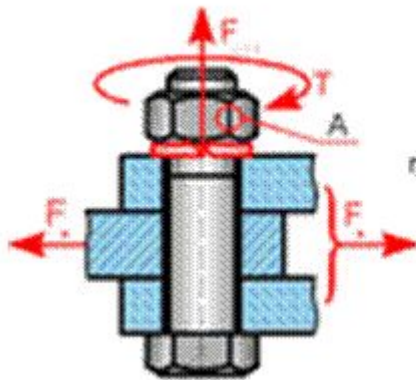
- В обеих соединяемых частях имеется высокая концентрация напряжений.
- Первая нагруженная часть резьбы принимает на себя наибольшую долю общей растягивающей нагрузки в болте и гайке. Согласно теории только первые 6 витков резьбы передают нагрузку. Пластическая деформация перераспределяет долю нагрузки и делает ее более однородной.
- Первая нагруженная часть резьбы является наиболее вероятной зоной усталостного и хрупкого разрушения благодаря высокой концентрации напряжений.



Расчет болтового соединения, нагруженного поперечной силой

- Условием надежности соединения является отсутствие сдвига деталей в стыке. Конструкция может быть выполнена в двух вариантах.
- **С зазором:** При этом внешнюю нагрузку F уравнивают силами трения в стыке, которые образуются от затяжки болта.

Болт установлен с зазором



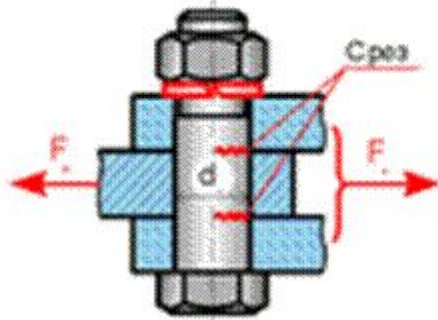
Минимально допустимое значение расчетного диаметра d_1 болта:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot f \cdot [\sigma]}}$$

Без зазора.

- Такая установка болта в отверстие соединяемых деталей обеспечивает восприятие внешней нагрузки стержнем болта. При расчете прочности соединения не учитывают силы трения в стыке, так как затяжка болта в принципе не обязательна.

Болт установлен без зазора



Минимально допустимое значение расчетного диаметра d_p болта:

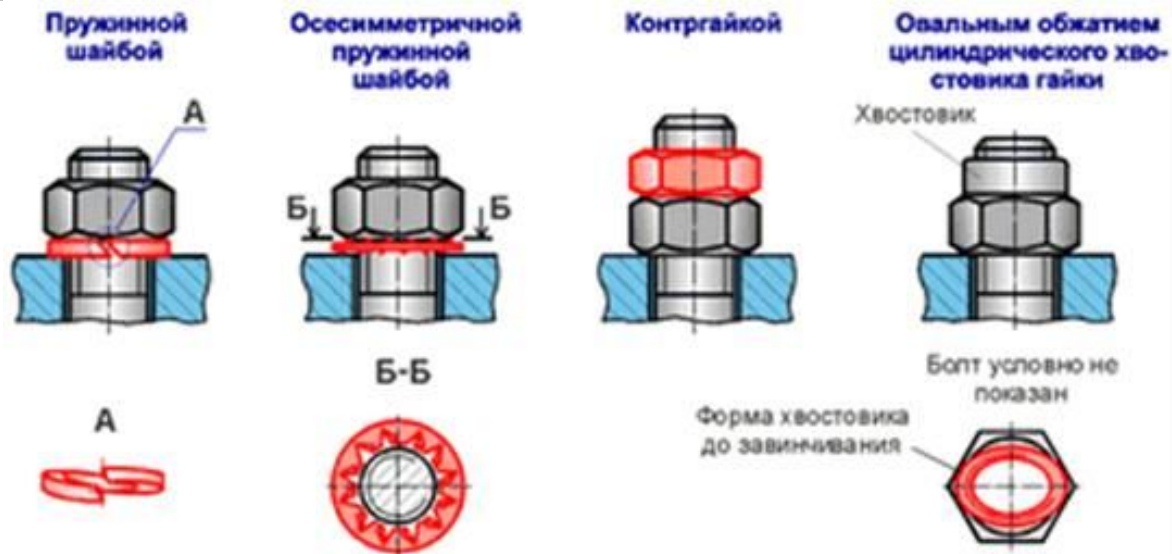
$$d_c = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau_c]}}$$

Разрушающие нагрузки для болтов

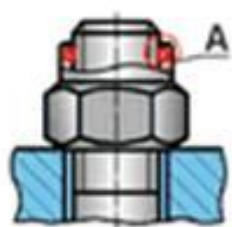
Резьба	Рабочая площадь поперечного сечения, мм ²	Класс прочности									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		Минимальная разрушающая нагрузка, кН									
M5	14,2	4,69	5,68	5,96	7,1	7,38	8,52	11,35	12,8	14,8	17,3
M6	20,1	6,63	8,04	8,44	10	10,4	12,1	16,1	18,1	20,9	24,5
M7	28,9	9,54	11,6	12,1	14,4	15	17,3	23,1	26	30,1	35,3
M8	36,6	12,1	14,6	15,4	18,3	19	22	29,2	32,9	38,1	44,6
M10	58	19,1	23,2	24,4	29	30,2	34,8	46,4	52,2	60,3	70,8
M12	84,3	27,8	33,7	35,4	42,2	43,8	50,6	67,4	75,9	87,7	103
M14	115	38	46	48,3	57,5	59,8	69	92	104	120	140
M16	157	51,8	62,8	65,9	78,5	81,6	94	125	141	160	192
M18	192	63,4	76,8	80,6	96	99,8	115	159	-	200	234
M20	245	80,8	98	103	122	127	147	203	-	255	299
M22	303	100	121	127	152	158	182	252	-	315	370
M24	353	116	141	148	176	184	212	293	-	367	431
M27	459	152	184	193	230	239	275	381	-	477	560
M30	561	185	224	236	280	292	337	466	-	583	684
M33	694	229	278	292	347	361	416	576	-	722	847
M36	817	270	327	343	408	425	490	678	-	850	997
M39	976	322	390	410	488	508	586	810	-	1020	1200

Способы стопорения резьбовых соединений

- Самоотвинчивание разрушает соединения и может привести к аварии. Предохранение от самоотвинчивания весьма важно для повышения надежности резьбовых соединений и совершенно необходимо при вибрациях, переменных и ударных нагрузках. Вибрации понижают трение и нарушают условие самоторможения в резьбе.



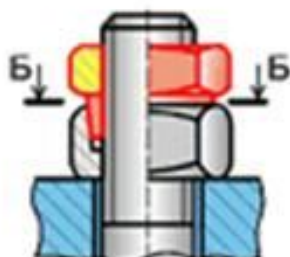
Самотормозящаяся гайкой с полиамидным кольцом



А (Увеличено)



Разрезной контргайкой



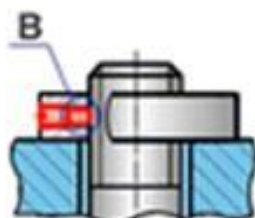
Б-Б



Гайкой с конtringим винтом



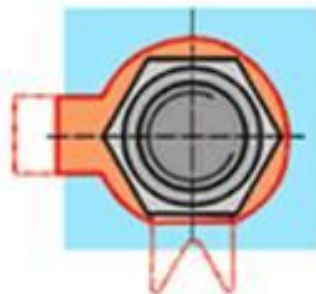
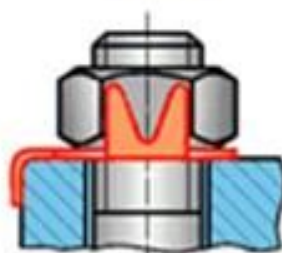
Стопным винтом с мягкой прокладкой



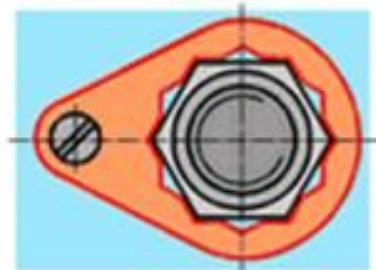
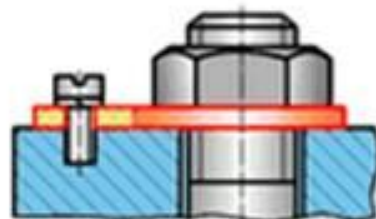
В (Увеличено)



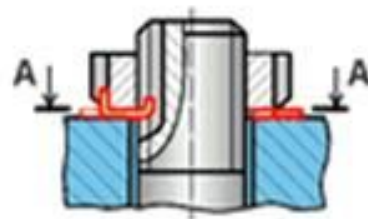
Стопной шайбой с лапкой



Накладкой, надеваемой на гайку



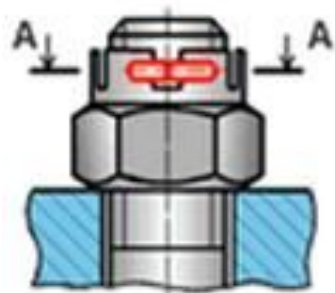
Шайбой многолапчатой



А-А



Шплинтом



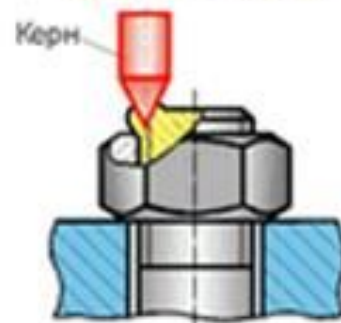
A-A



Обязкой проволокой

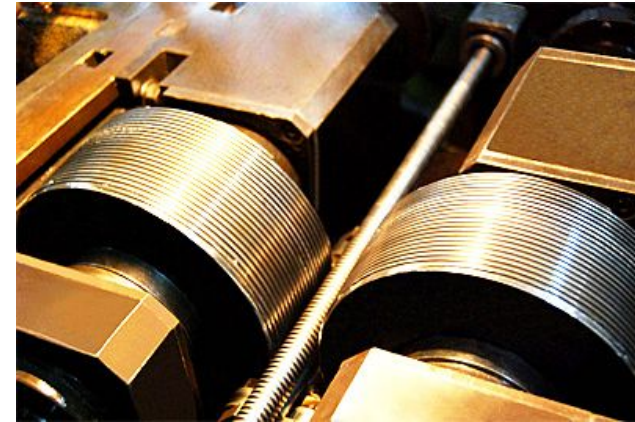


Кернение резьбы



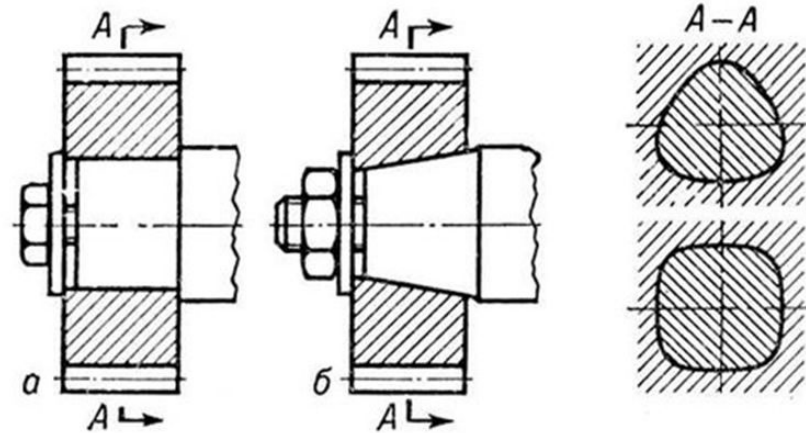
Способы изготовления резьб

- лезвийная обработка резанием;
- абразивная обработка;
- накатывание;
- выдавливание прессованием;
- литье;
- электрофизическая и электрохимическая обработка.



Профильные соединения

- Профильные соединения применяют для передачи вращающего момента от вала к ступице.
- В профильных соединениях контакт вала и ступицы осуществляется по некруглой поверхности.
- Применяемый профиль обладает свойством равноосности – постоянством диаметрального размера.
- Профильные соединения в осевом направлении могут быть цилиндрическими или коническими (фасонно-профильные соединения: а — по цилиндрическим поверхностям, б — по коническим поверхностям.).



Достоинства и недостатки профильных соединений

Достоинства профильных соединений:

- отсутствие концентраторов напряжений кручения;
- хорошее центрирование деталей соединения;
- повышенная надежность по критерию прочности соединения по сравнению с соединениями с натягом.

Недостатки профильных соединений:

- сложность изготовления профильной поверхности;
- при передаче соединениями вращающих моментов возникают значительные распорные силы, деформирующие ступицы.