

УРОК №39.

Тема: Виды соединений. Неразъемные соединения.

Вид занятия : лекция.

Вопросы:

- 1.Виды соединений.
- 2.Сварные соединения.
3. Заклепочные соединения.
- 4.Соединения с натягом.
5. Паяные и клеевые соединения.

<https://www.youtube.com/watch?v=thsJXUOc55s>

Задание для студентов : посмотреть видеоролик, изучить предложенный материал, ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

- 1.Назовите основные виды соединений.
- 2.Приведите достоинства и недостатки сварных соединений.
- 3.Приведите достоинства и недостатки заклепочных соединений.Назовите область применения.
- 4.Область применения соединений с натягом. Достоинства и недостатки.
- 5.Область применения паяных и клеевых соединений .Достоинства и недостатки.

Соединения. Классификация

Соединения — элементы конструкций механических систем, предназначенные для объединения деталей и узлов в более крупные структурные единицы.

Конструктивно соединение выполняется следующими способами:

- за счет использования отдельных частей соединяемых деталей;
- за счет использования вспомогательных деталей;
- за счет сил сцепления на поверхности контакта (сил трения);
- за счет молекулярно-механического сцепления деталей соединения.

Классификация соединений:

- по возможности разборки без разрушения соединяемых деталей — ***разъёмные и неразъёмные соединения;***
- по возможности относительного взаимного перемещения соединяемых деталей — ***подвижные и неподвижные соединения;***
- по форме сопрягаемых (контактных) поверхностей — ***плоское, цилиндрическое, коническое, сферическое, винтовое, профильное соединения;***
- по технологическому методу образования — ***сварное, паяное, клеёное (клеевое), клёпаное, прессовое, резьбовое, шпоночное, шлицевое, штифтовое, клиновое, профильное соединения.***

Сварные соединения. Общие сведения

Сварка – процесс получения неразъёмных соединений, образованных посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или при совместном действии того и другого.

Сварочный шов - металл, затвердевший после расплавления и соединяющий сваренные детали соединения.

Формирование сварочного шва сопровождается частичным оплавлением поверхностей деталей, участвующих в образовании сварного соединения.

Поверхности свариваемых деталей, подвергающиеся частичному оплавлению при формировании сварочного шва и участвующие в образовании соединения, называются **свариваемыми кромками**.

Электрод – токопроводящий металлический стержень. Марки электродов различают по значению предела прочности металла шва σ_{σ} . Например, Э42; $\sigma_{\sigma} = 420 \text{ МПа}$.

Флюс – материал, защищающий расплавленный металл электрода от вредного воздействия воздуха (окисление и насыщение азотом). Флюс обеспечивает качество металла шва и устраняет его разбрызгивание.

Электродуговая сварка плавлением

Находит самое широкое применение в промышленности, строительстве и других областях производства, как с применением неплавящихся (уголь, вольфрам) электродов, так и плавящихся.

Электродуговую сварку *неплавящимся* электродом изобрел в конце XIX века (сварка угольным электродом предложена в 1882 г., патент в 1885 г.) **Николай Николаевич Бенардос** (1842–1905), а в 1888 г. усовершенствовал этот метод, применив *плавящийся* металлический электрод, **Николай Гаврилович Славянов** (1854–1897). В Украине различные виды электросварки разработаны академиком Патоном.

В настоящее время многие элементы сварного соединения, полученного электродуговой сваркой *стандартизованы*.

Сварные соединения. Общие сведения

Достоинства :

- 1) высокая технологичность сварки, обуславливающая низкую стоимость сварного соединения;
- 2) возможность получения сварного шва, равнопрочного основному металлу (при правильном конструировании и изготовлении);
- 3) возможность получения деталей сложной формы из простых заготовок;
- 4) возможность автоматизации сварочного процесса;
- 5) герметичность соединений.

Недостатки:

- 1) коробление (самопроизвольная деформация) изделий в процессе сварки и при старении;
- 2) вероятность появления концентраторов напряжений, поверхностных трещин;
- 3) сложность контроля качества сварных соединений без их разрушения;
- 4) низкая прочность при действии ударных и вибрационных нагрузок.

Основные виды сварки

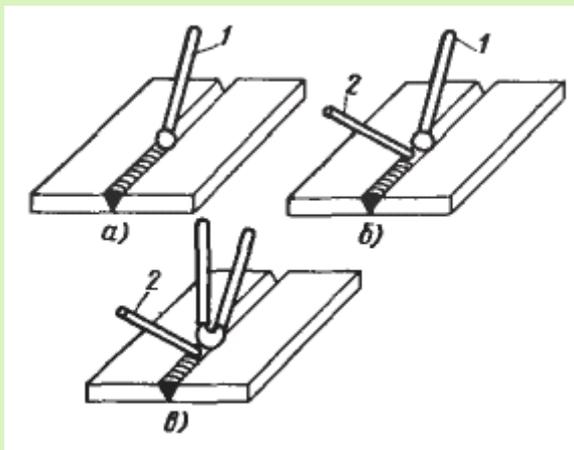


Рисунок 1 – Дуговая ручная

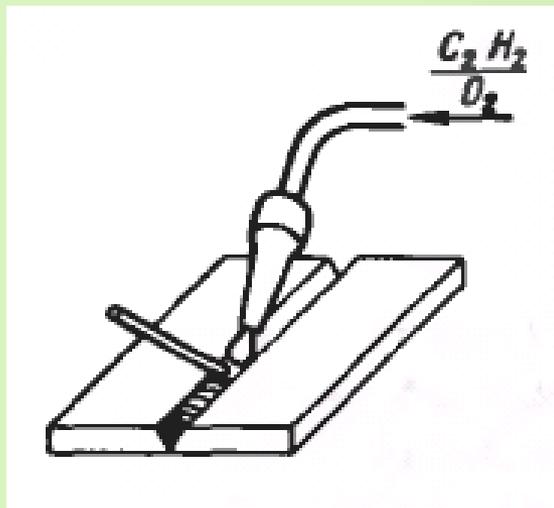


Рисунок 2 – Ацетиленоокислородная

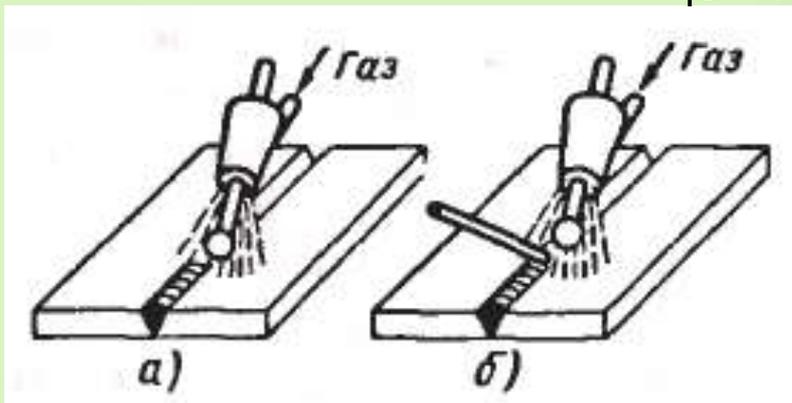


Рисунок 3 – В защитных газах

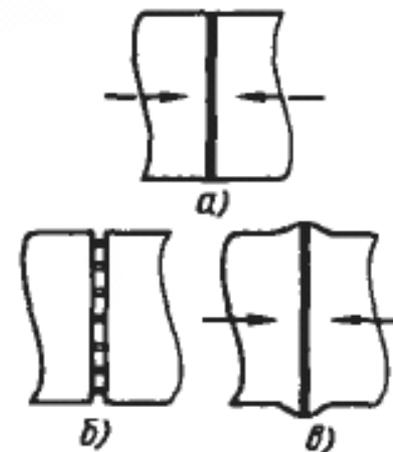
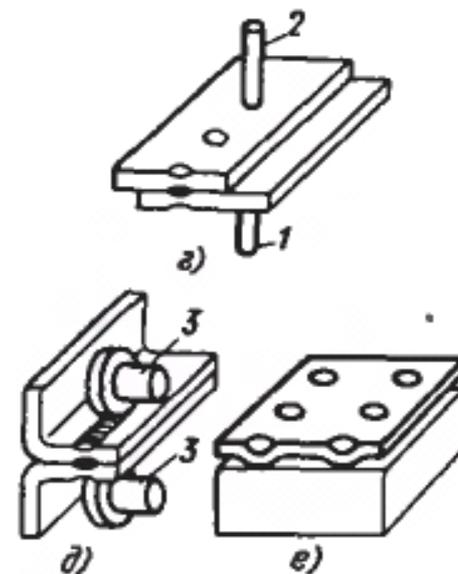


Рисунок 4 – Контактная



Основные виды сварки

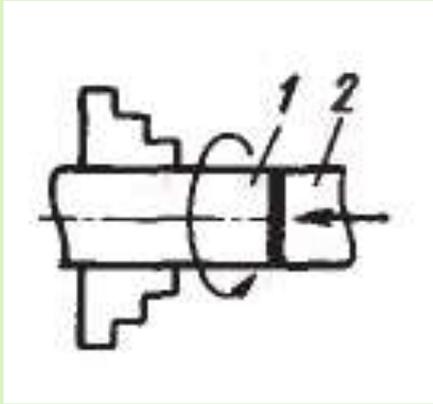


Рисунок 5 – Трением

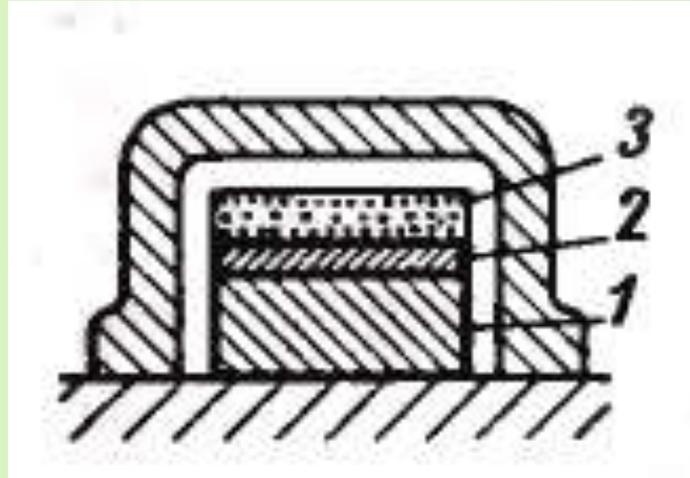


Рисунок 6 – Взрывом

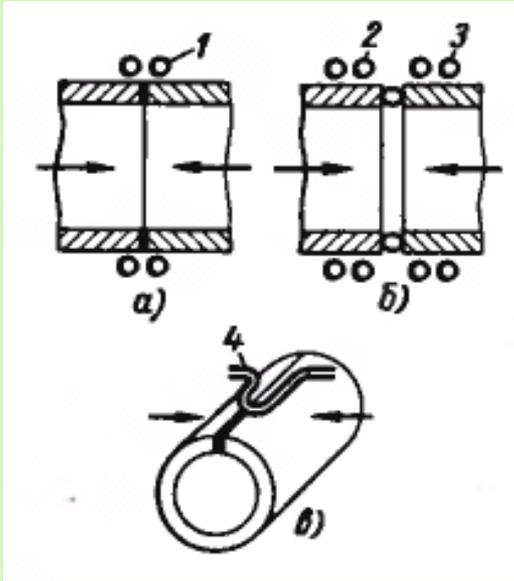


Рисунок 7 –
Индукционная

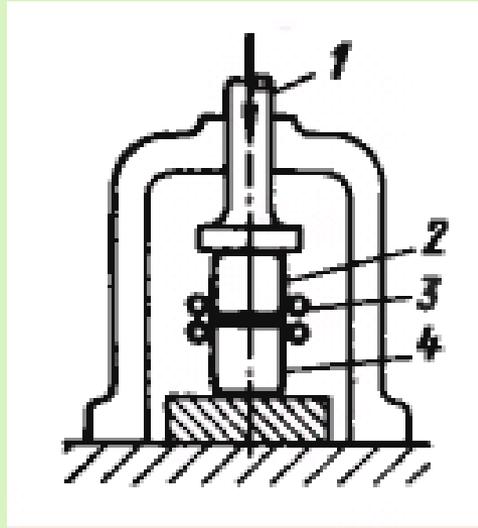


Рисунок 8 –
Диффузионная

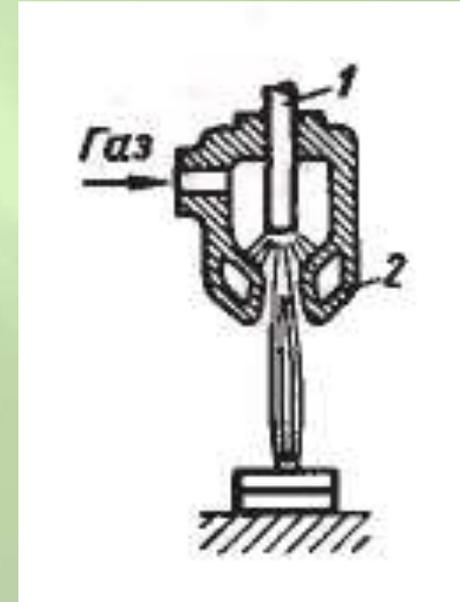


Рисунок 9 – Плазменно-
лучевая

Сварные соединения. Классификация

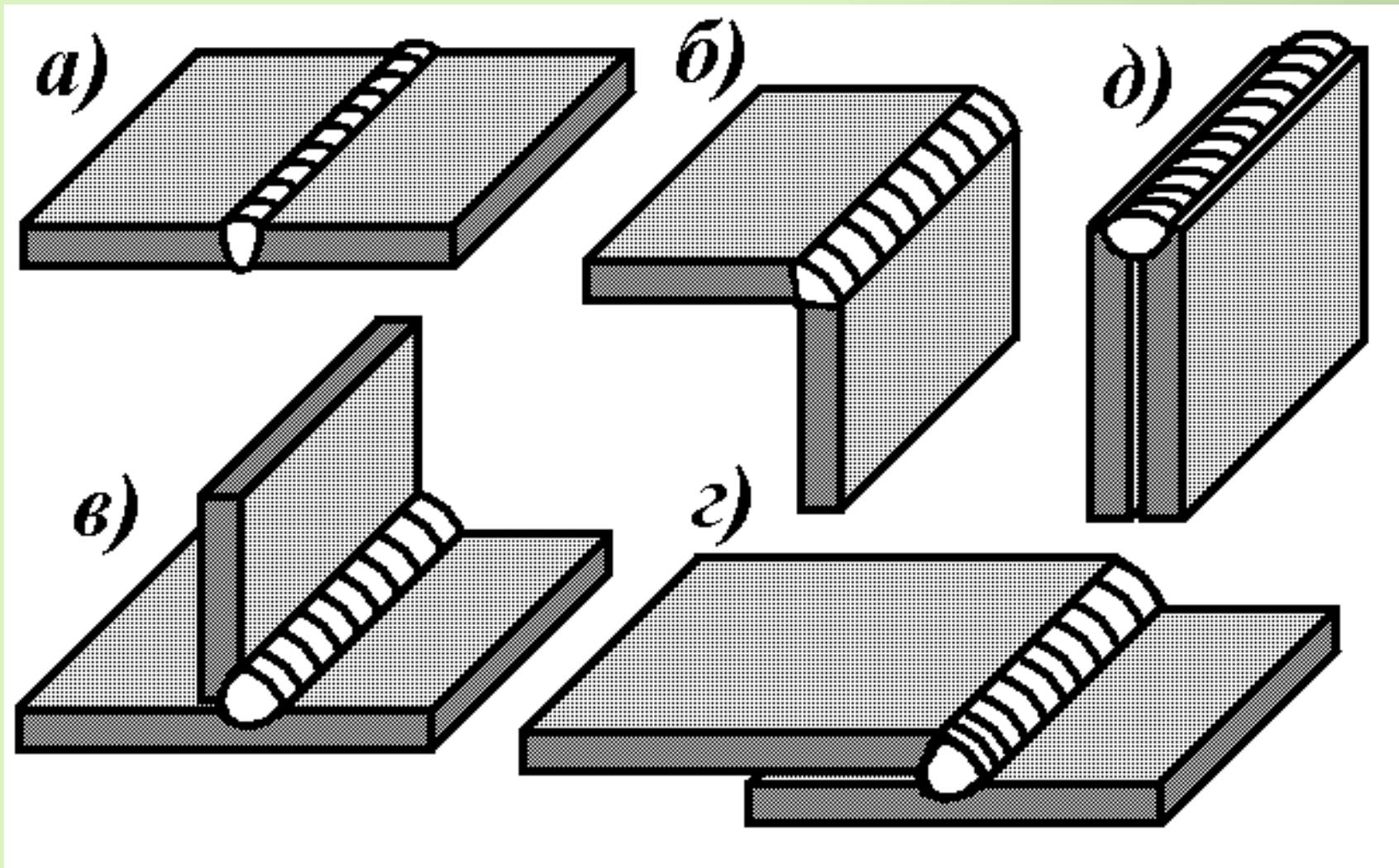
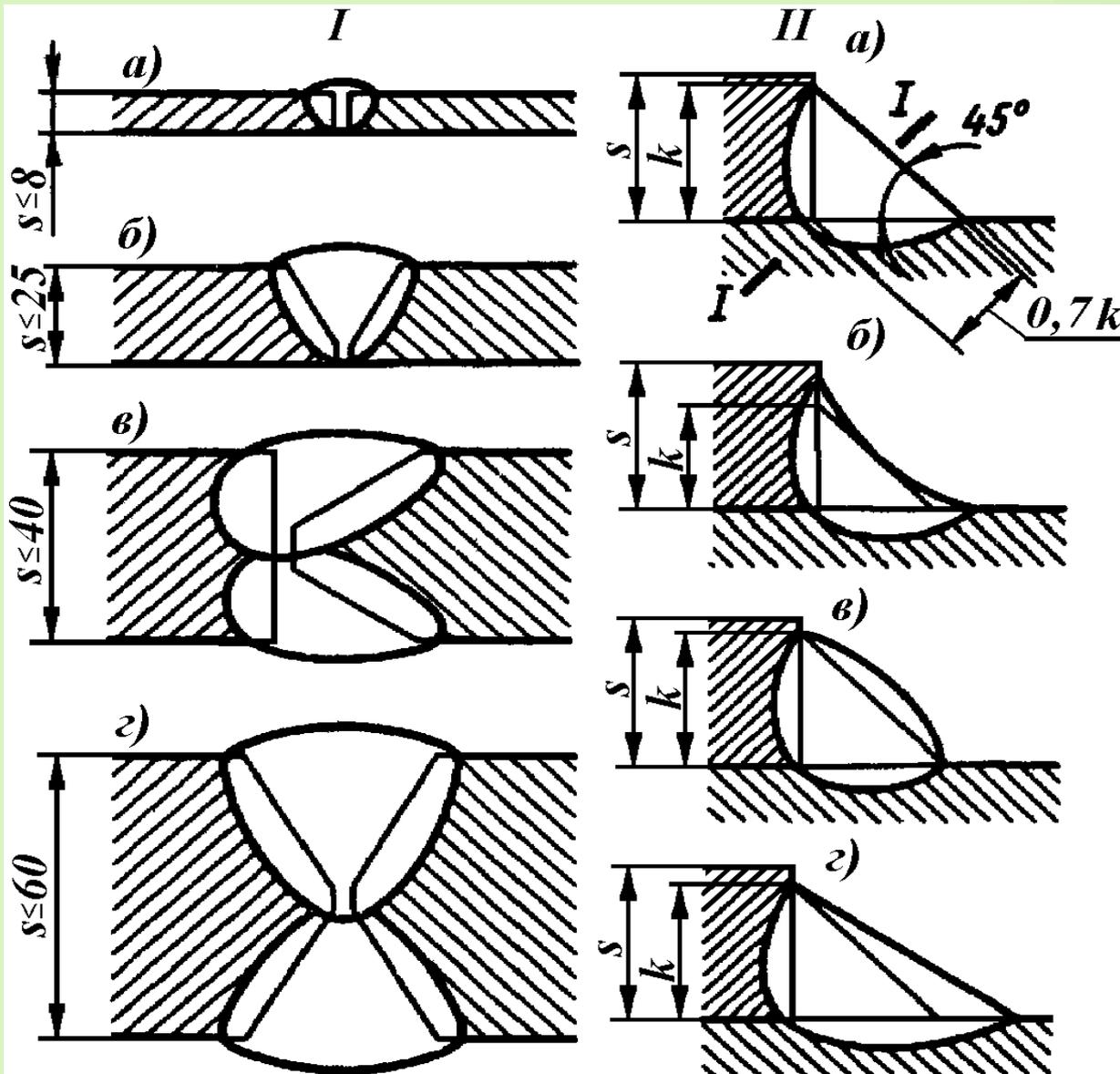


Рисунок 10 – Конструктивные типы сварных соединений:
а) стыковое; б) угловое; в) тавровое; г) нахлесточное; д) торцовое

Сварные соединения. Классификация



Шов стыкового соединения называется СТЫКОВЫМ; швы остальных соединений – УГЛОВЫМИ.

Рисунок 11 – Поперечное сечение сварочных швов :

I – СТЫКОВЫХ;
II – УГЛОВЫХ

Сварные соединения. Классификация

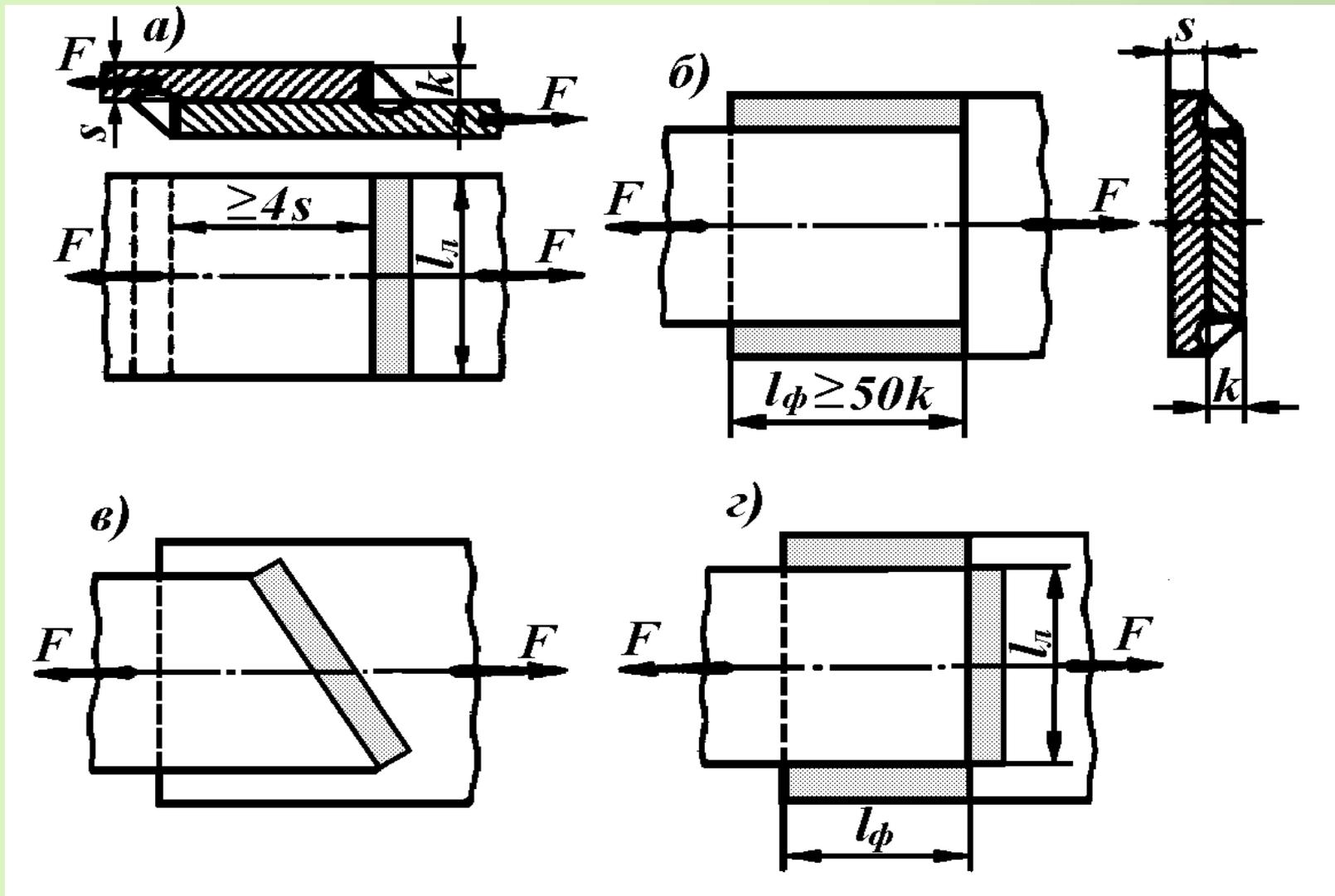


Рисунок 12 – Расположение сварочных швов по отношению к действующей нагрузке: а) лобовой; б) фланговый; в) косой; г) комбинированный

Сварные соединения. Расчет на прочность

Стыковые швы рассчитывают на растяжение (сжатие) (рисунок 13):

$$\sigma_p = \frac{F}{l \Delta} \leq [\sigma_p] \qquad \sigma_c = \frac{F}{l \Delta} \leq [\sigma_c]$$

где F – усилие, воспринимаемое сварочным швом; l – длина шва;

Δ – толщина меньшего из свариваемых листов;

$[\sigma_p]$ – допускаемые напряжения растяжения для металла шва.

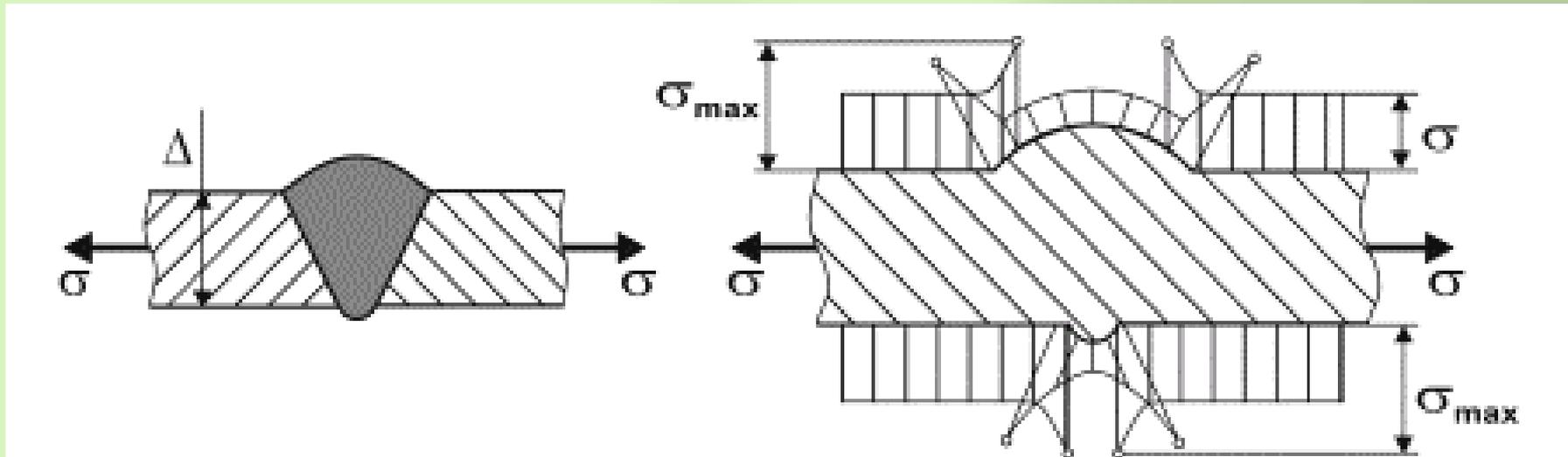


Рисунок 13 – Расчет на прочность стыковых швов

Сварные соединения. Расчет на прочность

Угловые швы рассчитывают на срез по опасному сечению, совпадающему с биссектрисой прямого угла (рисунок 14). Угловой шов предполагается симметричным, т.е. имеющим равные катеты. Условие прочности:

$$\tau_{cp} = \frac{F}{k \cos 45^{\circ} l} = \frac{F}{0,7k l} \leq [\tau_{cp}]$$

где F – усилие, воспринимаемое сварочным швом; l – длина шва;
 k – расчетный катет углового шва.

$[\tau_{cp}]$ – допускаемые касательные напряжения для металла шва.

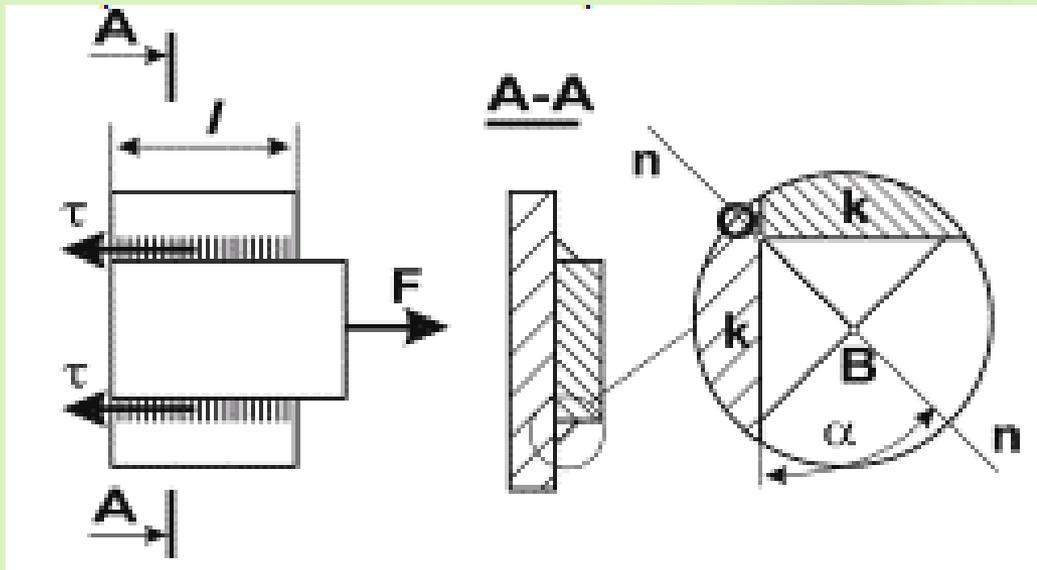


Рисунок 14 – Расчет на прочность угловых швов

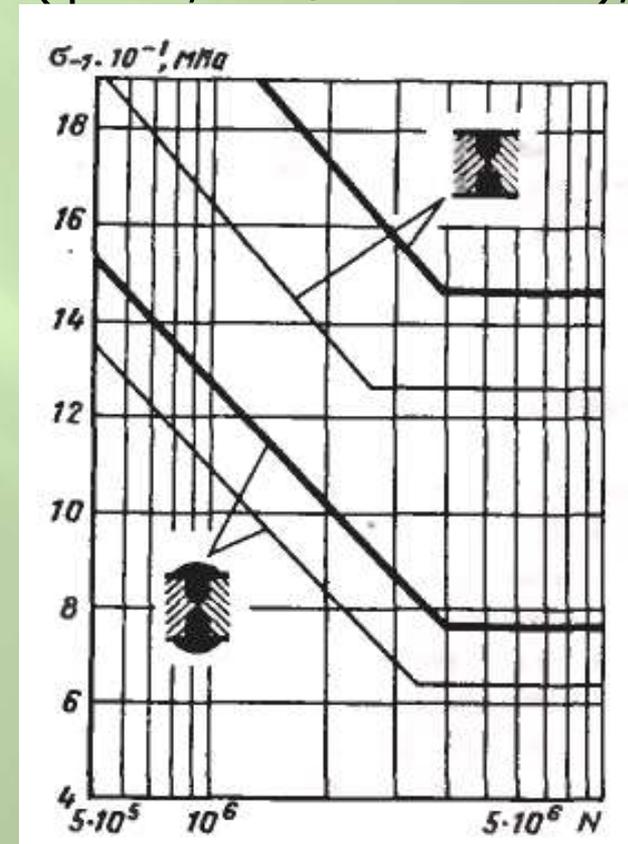
Сварные соединения. Повышение прочности

Существуют следующие способы повышения прочности сварных соединений:

- рациональное расположение швов относительно действующих сил (лучше переносить нагрузку на участки целого материала, оставляя за швом только функцию соединения);
- защита шва от вредных воздействий при сварке (флюс, защитные газы);
- механическая обработка шва с приданием шву рациональной формы (снижается концентрация напряжений) (рисунок 15);
- пластическая деформация шва в холодном состоянии (накат, дробеструйный наклеп, чеканка и т.д.)

Рисунок 15 – Влияние термической и механической обработки на усталостную долговечность:

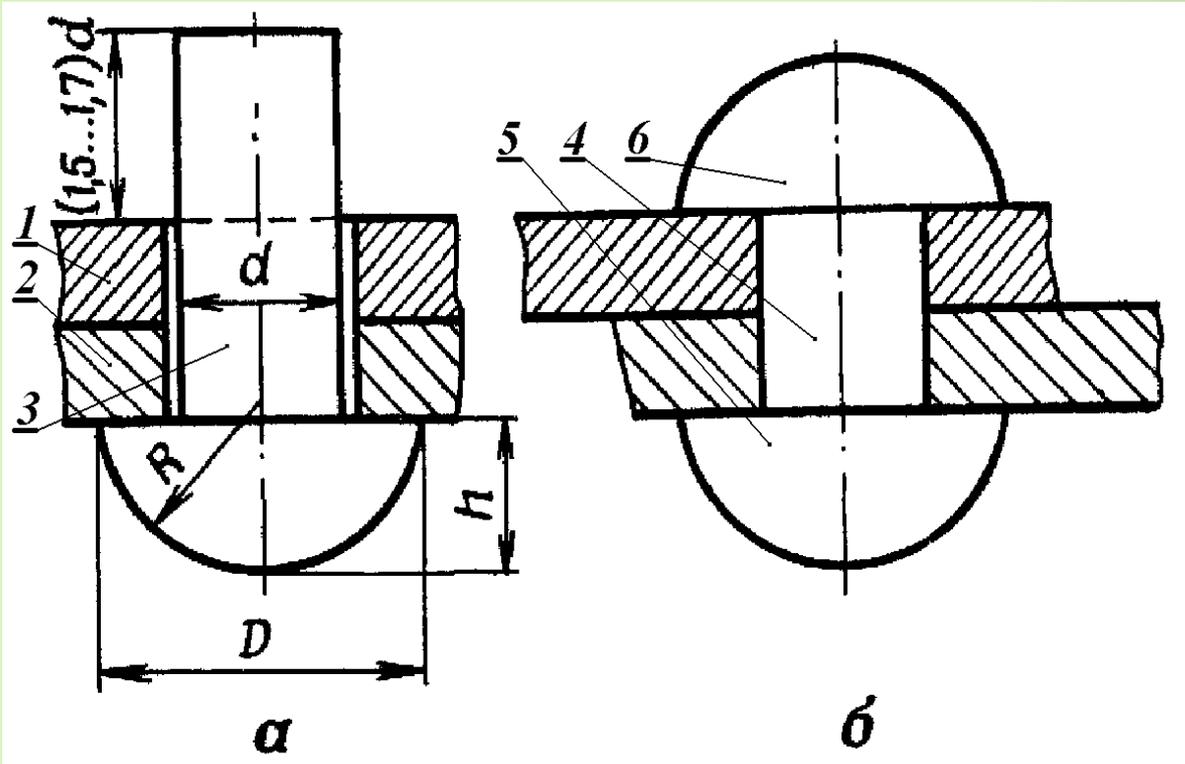
тонкие линии – кривые усталости для соединений без термической обработки



Заклепочные соединения. Общие сведения

Заклёпочное (клёпаное) соединение - неразъёмное неподвижное соединение, образованное с применением специальных закладных деталей заклёпок, выполненных из высокопластичного материала. Применяют для соединения деталей из листового или полосового материала.

Заклёпочный шов – ряд заклёпок, соединяющих кромки двух или нескольких деталей.



**Рисунок 16 –
Заклёпочное
соединение:**

***а** – в процессе сборки;
б – в собранном виде*

1, 2 – соединяемые детали; 3 – заклёпка;
4 – тело заклёпки;
5 – закладная головка;
6 – замыкающая (высадная) головка.

Заклепочные соединения. Общие сведения

Область применения:

- в соединениях, где необходимо исключить сопутствующее сварке термическое воздействие (изменение структуры материала, коробление);
- в соединениях деталей из разнородных материалов (металл – неметалл, сталь – цветные сплавы и т.д.);
- в облегченных ферменных и тонколистовых оболочковых конструкциях из легких сплавов (из-за сложности сварки, пониженной вибропрочности, поводке материала при длинных швах).

Классификация :

1) по функциональному назначению –

прочные (предназначенные только для передачи нагрузки);

плотные (обеспечивающие герметичное разделение сред);

прочно-плотные (способные выполнять обе названные функции).

2) по конструктивным признакам шва –

нахлесточное соединение (рис. 17, а);

стыковое соединение, которое может быть выполнено

с одной (рис. 17, б) либо

с двумя (рис. 17, в) накладками.

Заклепочные соединения. Общие сведения

3) по числу поверхностей среза, приходящихся на одну заклёпку, под действием рабочей нагрузки -

односрезные;

двух- и многосрезные.

4) по количеству заклёпочных рядов в шве -

однорядные;

двух- и многорядные.

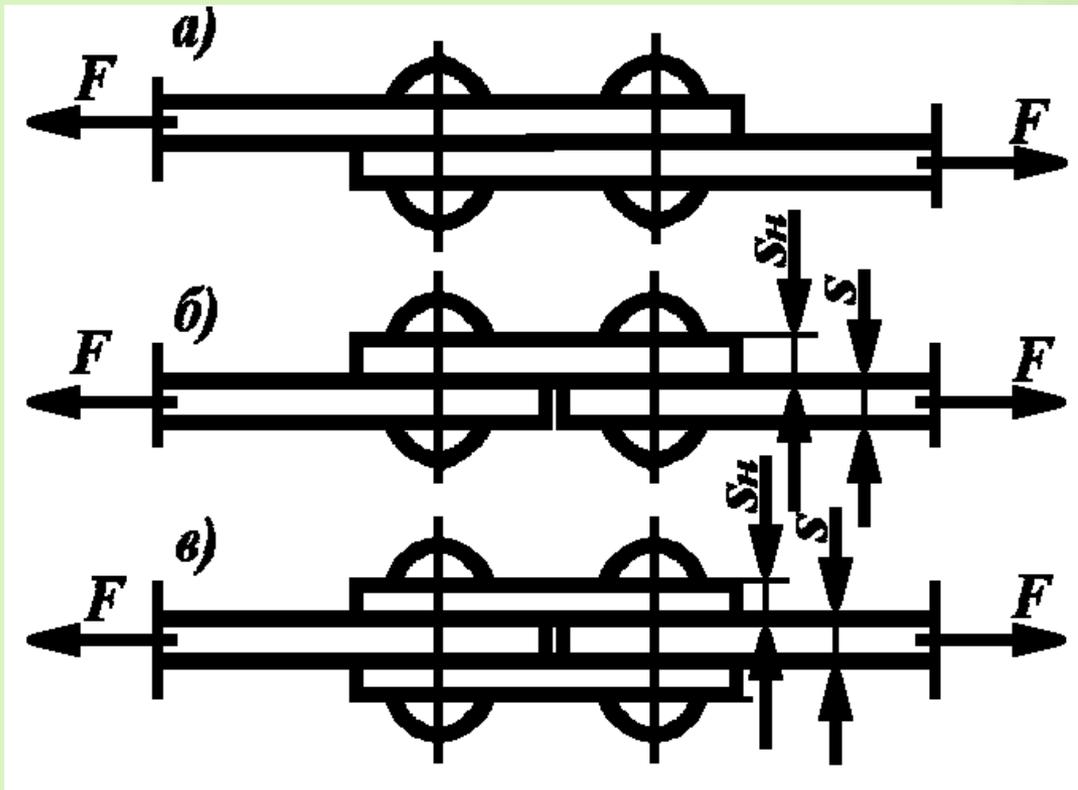


Рисунок 17 – Основные типы заклёпочных швов:

а – нахлесточный;

б – стыковой с одной накладкой;

в – стыковой с двумя накладками.

Заклепочные соединения. Классификация

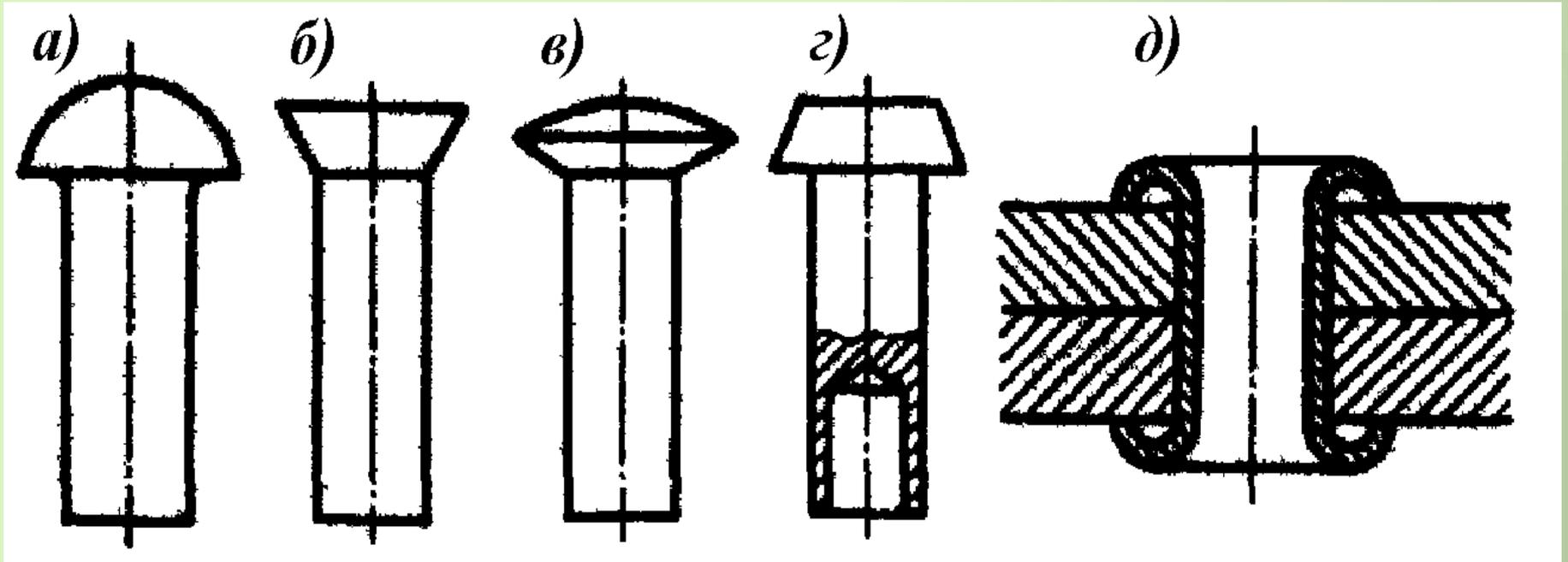


Рисунок 18 – Некоторые виды заклёпок :

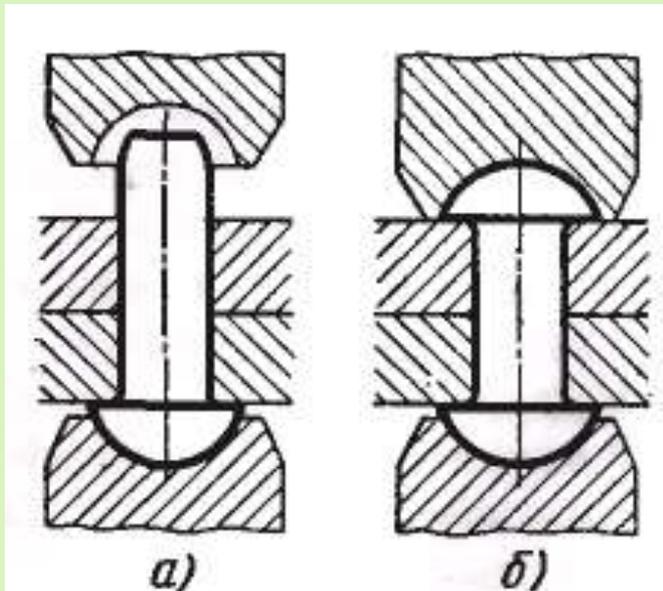
а) со сферической головкой; *б)* с потайной головкой;
в) с полупотайной головкой; *г)* полупустотелая с
цилиндрической головкой; *д)* пустотелая (пистон)

Заклепочные соединения. Технология клепания

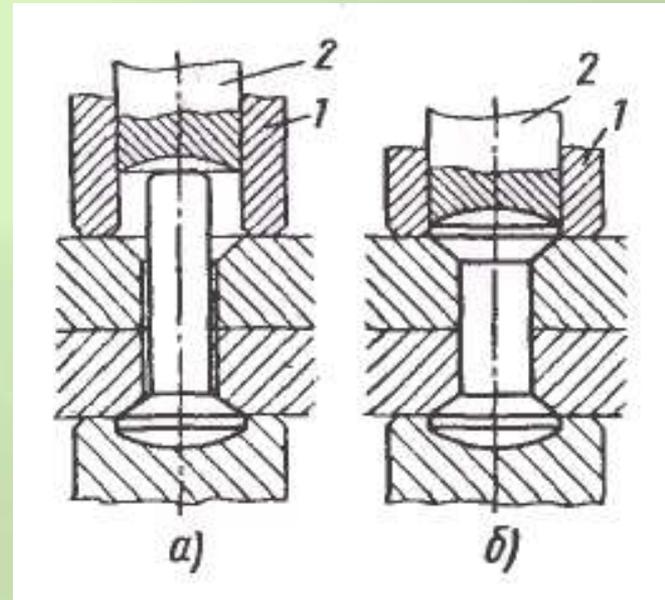
Применяют два вида клепки:

- **горячая клепка** (рисунок 19, 1), температура нагрева $t^0 \approx 900 \dots 1000^0 C$ до пластического состояния. Применяют в силовых и прочноплотных соединениях при $d > 8 \dots 10 \text{ мм}$;

- **холодная клепка** (рисунок 19, 2). Усадка заклепки происходит только в результате пластической деформации материала заклепки при расклепывании.



(1)

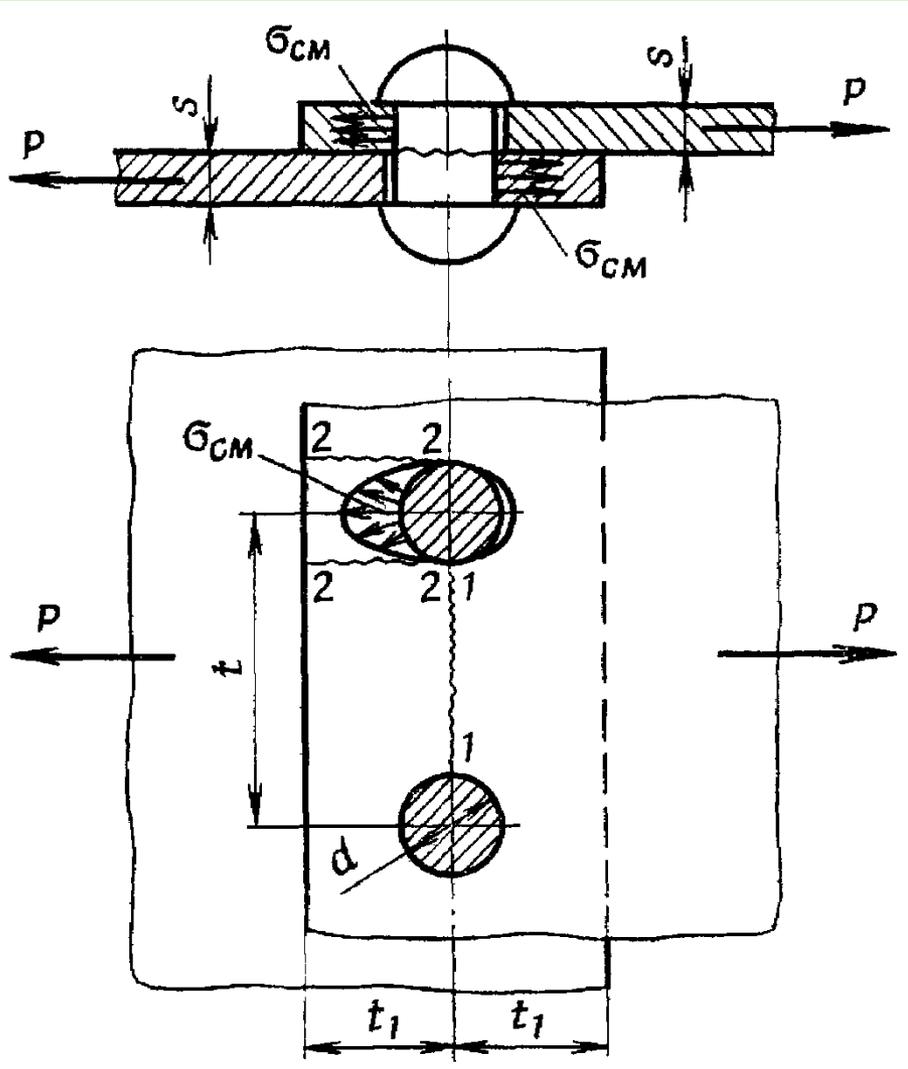


(2)

Рисунок 19 – Схема горячего (1) и холодного (2) клепания:

а) осадка заклепки клепальным инструментом; б) формирование замыкающей (высадной) головки

Заклепочные соединения. Расчет на прочность

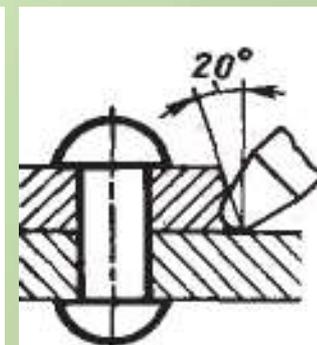
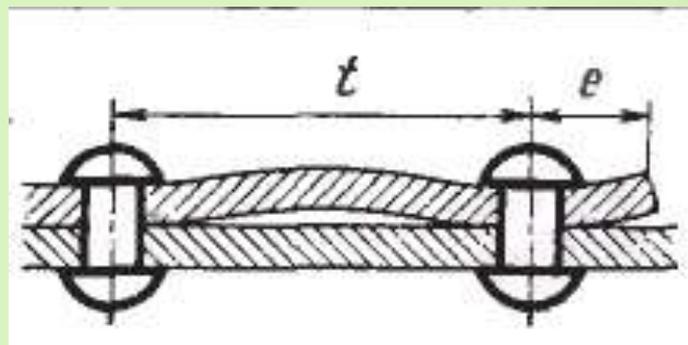
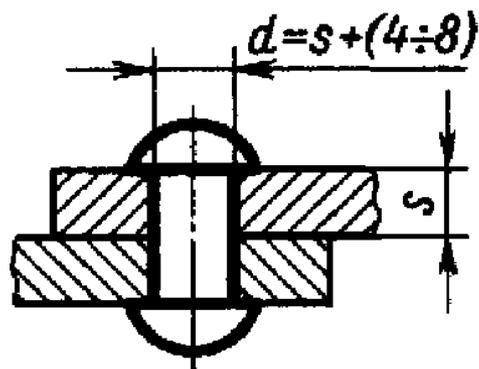


Различают четыре вида возможных разрушений заклёпочного шва:

- 1) *срез* заклёпки;
- 2) *смятие* заклёпки;
- 3) *смятие* соединяемых деталей;
- 4) *обрыв* соединяемых деталей по сечению, ослабленному отверстиями для установки заклепок.

Рисунок 20 – Напряжения в заклёпочном шве

Заклепочные соединения. Конструктивные соотношения



б)

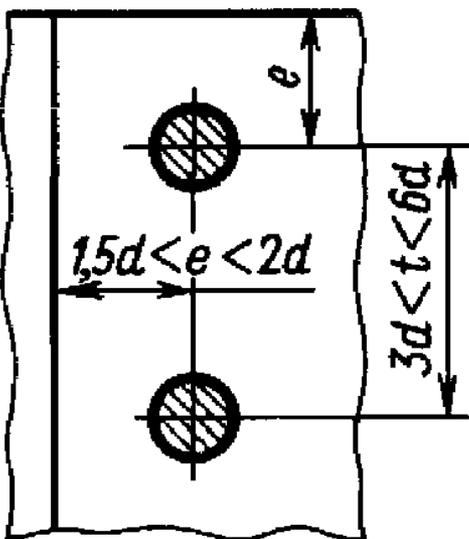
в)

г)

Заклепки меньшего диаметра (рисунок 21, а) могут прогнуться в отверстиях при проковке (рисунок 21, в).

Шаг заклепок t не должен превышать $6d$, иначе плотность стыка между заклепками может нарушаться (рисунок 21, а, б). Длина кромки $2d$ не должна превышать e , иначе возможно отставание кромки.

Если $e < 1,5d$, то можно повредить кромку при расклепывании. Для повышения герметичности соединения применяют подчеканку кромок (рисунок 21, г)



а)

Рисунок 21 – Параметры заклёпочного соединения

Заклепочные соединения. Конструктивные соотношения

Заклепочное соединение рационально нагружать только на сдвиг, разгружая его от действий изгибающих моментов, вызывающих изгиб стержней заклепок (рисунок 22, з, и).

Для предотвращения действия изгибающего момента (от растягивающего усилия) рекомендуют применять соединения с двумя накладками (рисунок 22, в). В угловых соединениях с отбортованными кромками (рисунок 22, г-ж) рациональнее располагать заклепки так, чтобы преимущественно они работали на сдвиг (рисунок 22, е, ж).

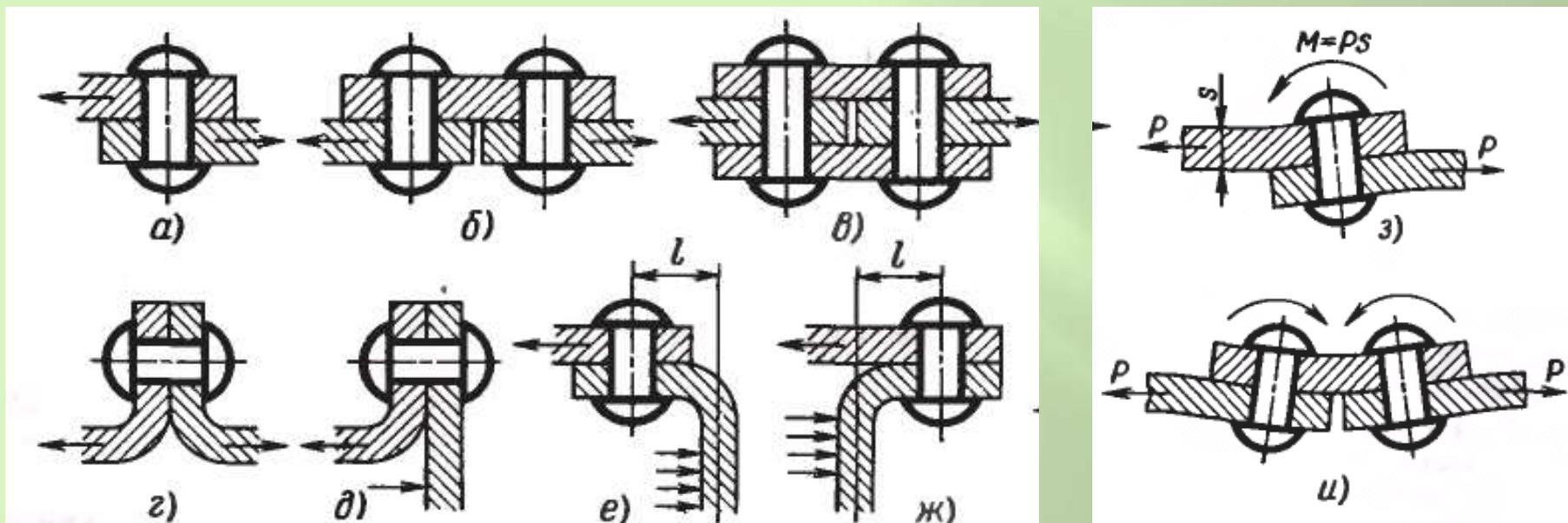


Рисунок 22 – Параметры заклёпочного соединения:

а, б, г, д) – нерациональные; *в, е, ж)* – рациональные соединения.

Заклепочные соединения. Повышение прочности

Существуют следующие способы повышения прочности заклепочных соединений:

- отверстия под заклепки в склепываемых деталях следует обрабатывать совместно (обеспечивается соосность);
- входные и выходные кромки отверстий должны быть заправлены фасками (рисунок 23, *а*) или галтелями (рисунок 23, *б, в*);
- целесообразно подвергать стыковые поверхности дробеструйной обработке, увеличивающей шероховатость (улучшается сцепление между поверхностями, герметичность);
- для горячей клепки применяется выдержка и остывание соединения под постоянной силой до остывания (заполняемость отверстия).

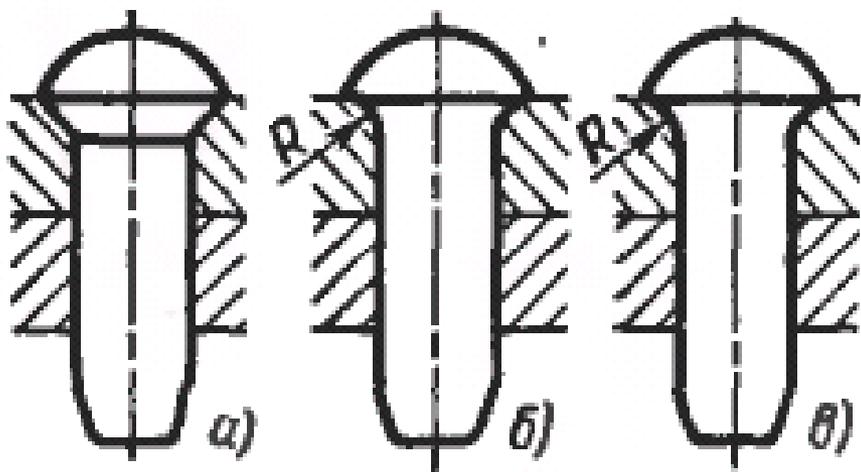


Рисунок 23 – Формы заклепок и отверстий:

а) – фаски; *б, в*) – галтели.

Соединения с натягом. Общие сведения

Соединения с натягом применяют для неразборных или редко разбираемых сопряжений. Сопротивление взаимному смещению деталей в этих соединениях создается и поддерживается силами упругой деформации сжатия (в охватываемой детали) и растяжения (в охватывающей детали), пропорциональными величине натяга в соединении.

Достоинства :

- 1) простота и технологичность;
- 2) хорошее центрирование;
- 3) возможность передачи больших знакопеременных нагрузок, в т.ч. и ударных (вагонные колесные пары).

Недостатки :

- 1) потребность в специальных печах и мощных прессах;
- 2) сложность разборки соединения;
- 3) колебания посадочных размеров в пределах допусков и, как следствие, рассеивание нагрузочной способности соединения.

Соединения с натягом. Общие сведения

Способы получения соединений с натягом:

1) прессование – выполняется на специальных прессах. Однако при запрессовке происходит смятие и частичное срезание неровностей посадочных поверхностей, что снижает прочность соединения;

2) тепловая сборка:

- нагрев ступицы производят в горячем масле, ТВЧ или в газовой печи

(до $t^{\circ} \approx 200 - 400^{\circ} C$)
- охлаждение вала – сухим льдом (до $t^{\circ} \approx -80^{\circ} C$) или жидким воздухом (до $t^{\circ} \approx -190^{\circ} C$).

Несущая способность тепловой сборки в 1,5...2 раза выше прессования.

Недостаток – появление инея.

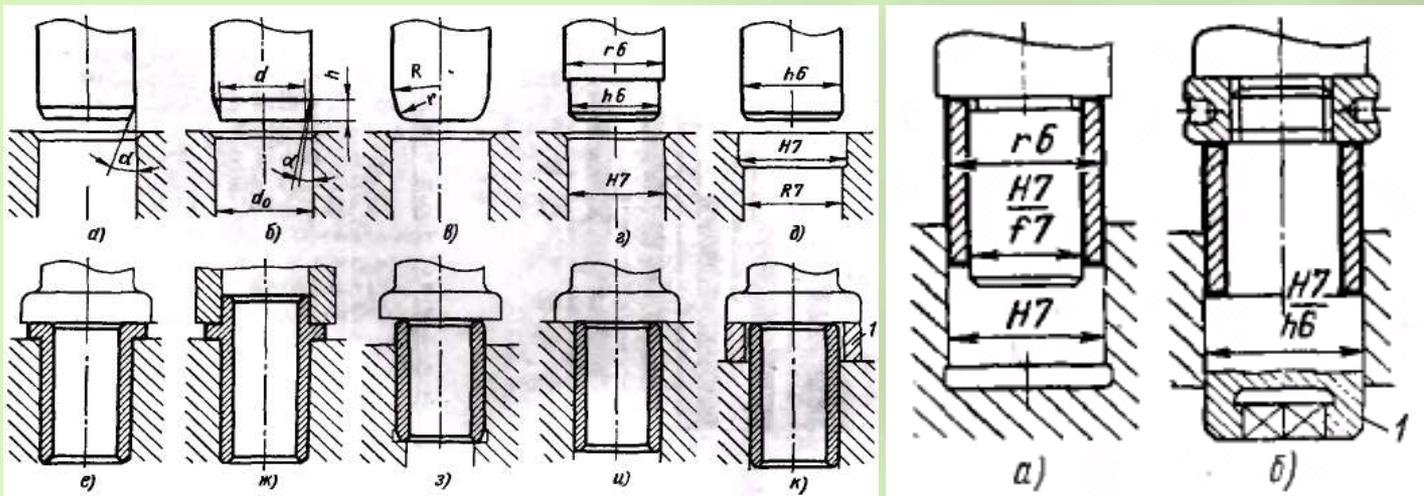


Рисунок 24

– Способы запрессовки деталей:

а-д) – валов;
е-к) – втулок.

Соединения с натягом. Несущая способность

При расчете посадки с натягом определяют значение необходимого давления на посадочные поверхности, чтобы сила трения, возникающая на посадочной поверхности соединения, обеспечивала надежную передачу осевой силы, вращающего момента или их комбинации.

Несущая способность :

1) Наибольшая осевая сила: $F_a = pS f$

p – давление на посадочной поверхности, МПа;

S – площадь посадочной поверхности, мм: $S = \pi d l$

d, l – диаметр и длина посадочной поверхности, мм;

f – коэффициент трения, зависящий от размера и профиля микронеровностей, материала (коэффициент линейного расширения), состояния сопрягающих поверхностей и способа сборки.

2) Наибольший крутящий момент:

$$T_{кр} = \frac{p \pi d^2 l f}{2}$$

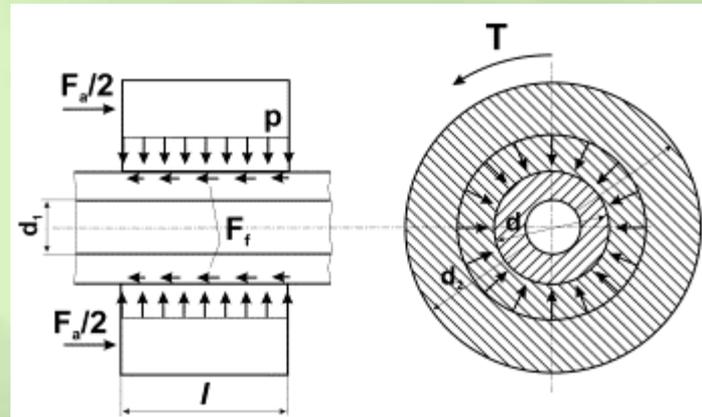


Рисунок 25 –
Расчетная схема
определения
несущей
способности

Соединения с натягом. Обеспечение распрессовки

Механическая распрессовка:

Распрессовываемые детали должны иметь плоские поверхности, являющиеся опорными (рисунок 26, в). Максимальное усилие – в начале распрессовки, т.к. преодолевается трение покоя.

Гидрораспрессовка:

Масло под давлением 150...200МПа подводят в кольцевую выточку на посадочной поверхности через отверстия в вале или в ступице (рисунок 27). Масло вызывает упругую радиальную деформацию деталей, уменьшает трение, проникает в микронеровности, действуя как клин.

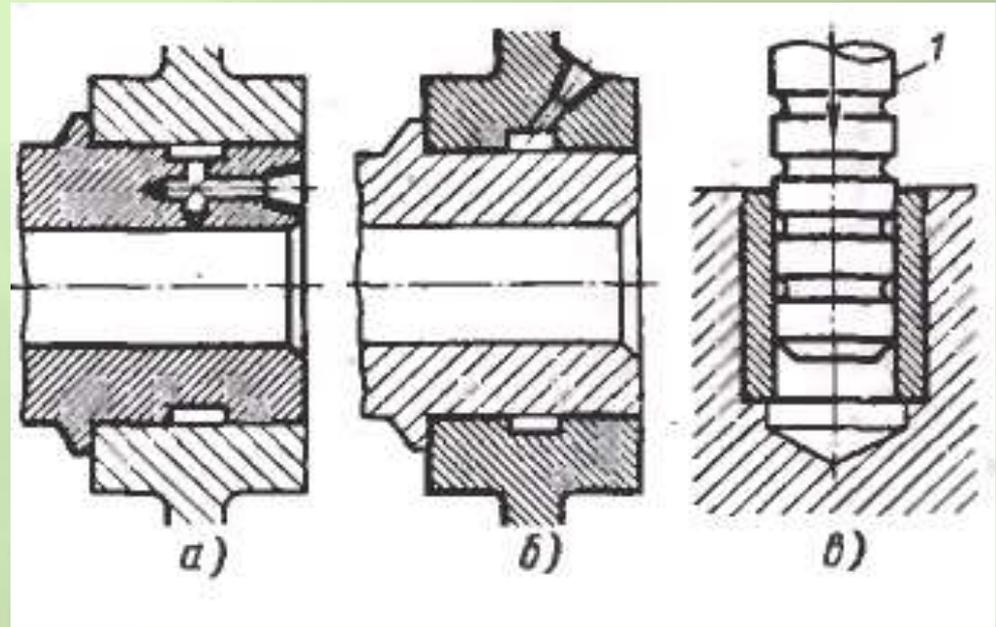
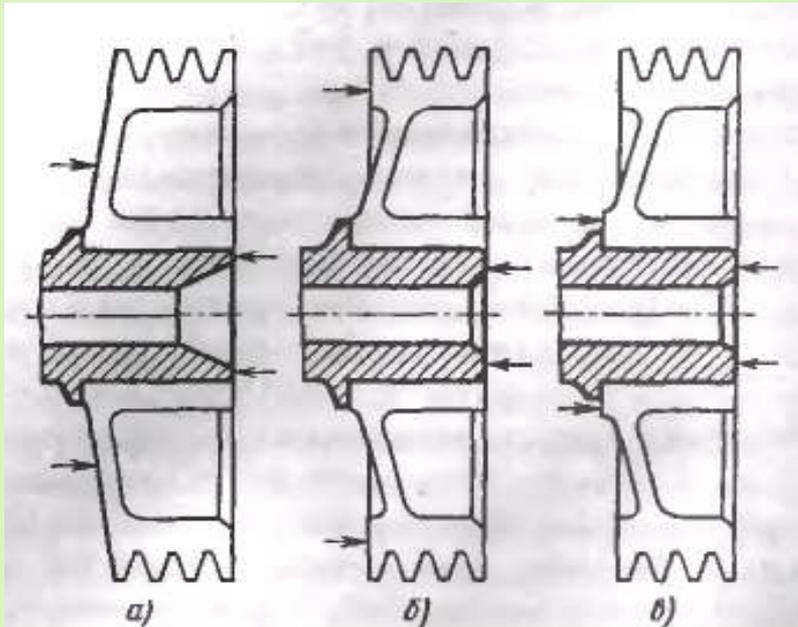


Рисунок 26 – Механическая распрессовка

Рисунок 27 – Гидрораспрессовка

Паяные и клеевые соединения

Пайка – способ соединения элементов конструкций, образованный за счет химического или физического взаимодействия расплавленного материала - припоя с соединяемыми кромками деталей.

Отличием пайки является **отсутствие оплавления соединяемых поверхностей**, т.к. температура плавления припоя ниже температуры плавления материалов деталей.

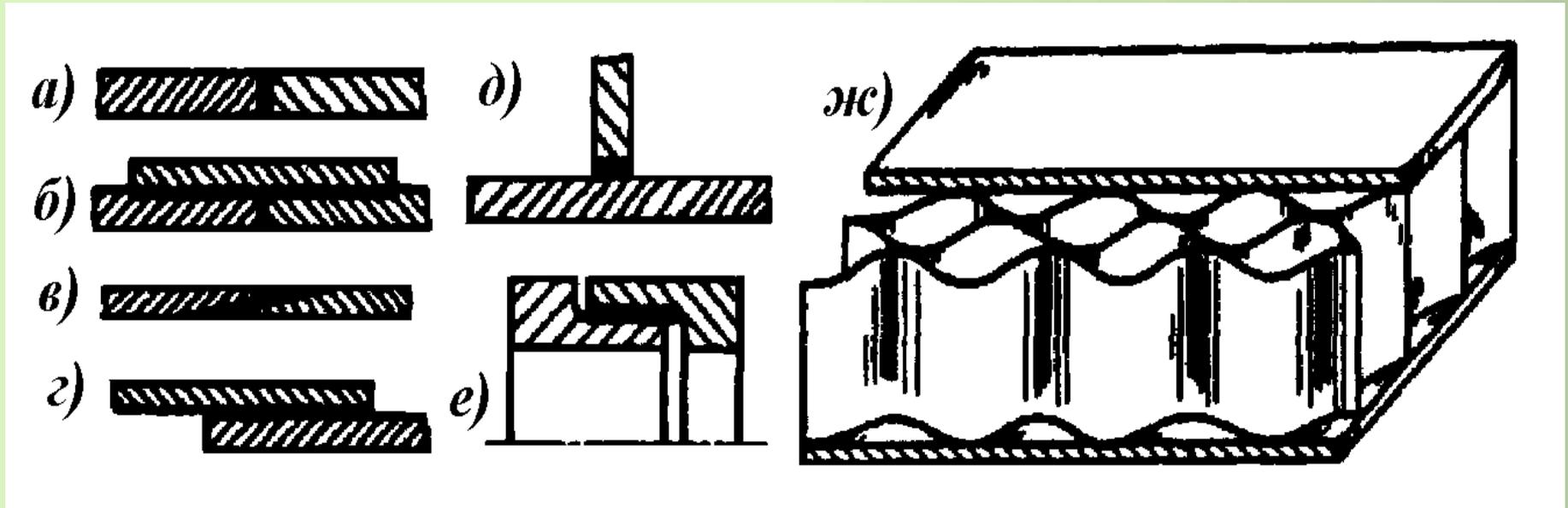


Рисунок 28 – Некоторые типы паяных соединений: а) – встык; б) – встык с накладкой; в) – в косой стык; г) – внахлестку; д) – втавр; е) – телескопическое; ж) – сотовая конструкция.

Паяные соединения. Общие сведения

Достоинства паяных соединений:

- 1) возможность соединения разнородных материалов;
- 2) возможность соединения тонкостенных деталей;
- 3) возможность получения соединения в труднодоступных местах;
- 4) коррозионная стойкость и герметичность паяного шва;
- 5) малая концентрация напряжений вследствие пластичности припоя;
- 6) возможность распайки соединения.

Недостатки паяных соединений:

- 1) пониженная прочность шва в сравнении с основным металлом;
- 2) требования высокой точности (по сравнению со сваркой) обработки поверхностей, сборки и фиксации деталей под пайку.

Паяные соединения. Материалы

Припои:

- 1) **низкотемпературные** ($T_{пл} < 150...200 \text{ } ^\circ\text{C}$) сплавы олова, свинца, висмута, кадмия, индия;
- 2) **среднетемпературные или мягкие** ($150...200 < T_{пл} < 350...400 \text{ } ^\circ\text{C}$) сплавы олова, свинца, сурьмы, цинка;
- 3) **высокотемпературные или твердые** ($350...400 < T_{пл} < 850... 1000 \text{ } ^\circ\text{C}$) медь, цинк, серебро и их сплавы.

Флюсы при пайке предназначены для защиты металла от окисления и удаления окисной пленки.

Флюсы бывают **твердые, жидкие и газообразные.**

Для мягких припоев - канифоль, нашатырь (хлористый аммоний), раствор хлористого цинка;

для твердых припоев - бура (натрий борнокислый), борная кислота, хлористые и фтористые соли металлов.

Расчет на прочность выполняется в зависимости от типа паяного соединения по условиям прочности сварных соединений.

Клеевые соединения. Общие сведения

Клеевые соединения – соединения, образованные под действием адгезионных сил, возникающих при затвердевании или полимеризации клеевого слоя, наносимого на соединяемые поверхности.

Достоинства:

- 1) возможность соединения разнородных материалов, не поддающихся сварке;
- 2) герметичность и высокая коррозионная стойкость;
- 3) малая концентрация напряжений.

Недостатки:

- 1) сложность технологических режимов склеивания;
- 2) зависимость прочности и долговечности от условий эксплуатации (температуры среды $t^{\circ} \approx 200 \dots 250^{\circ} C$, типа нагрузки и т.д.);
- 3) малая прочность при отрывающих нагрузках с неравномерным ее распределением (отрыв с изгибом).

Клеевые соединения. Общие сведения

Конструкционные клеи, склейка которыми способна выдерживать после затвердевания клея нагрузку на отрыв и сдвиг (клеи БФ, эпоксидные, циакрин и др.).

Неконструкционные клеи – соединения с применением которых не способны длительное время выдерживать нагрузки (клеи 88Н, иногда резиновый и др.).

Большинство клеев требует выдержки клеевого соединения под нагрузкой до образования схватывания и последующей досушки в свободном состоянии. Некоторые клеи требуют нагрева для выпаривания растворителя и последующей полимеризации.

Клеевые соединения часто применяют в качестве контрольных для резьбовых соединений. Как правило, клеевые соединения лучше работают на сдвиг, чем на отрыв.

Расчет на прочность:

$$\tau_{cp} = \frac{F}{S} \leq [\tau_{cp}]$$

где F – усилие, воспринимаемое соединением;

S – площадь сечения;

τ_{cp} $[\tau_{cp}]$ – расчетные и допускаемые касательные напряжения.