

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

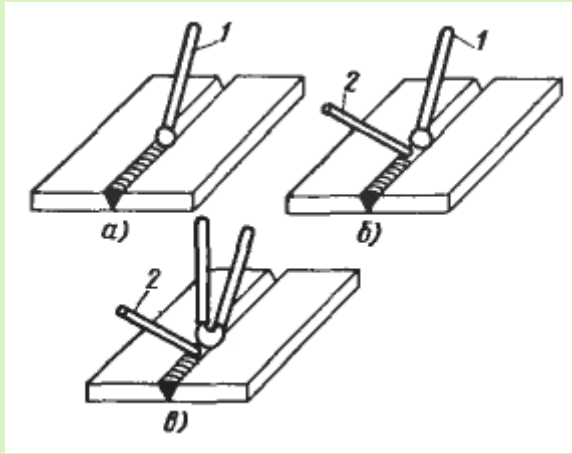


Рисунок 1 – Дуговая ручная

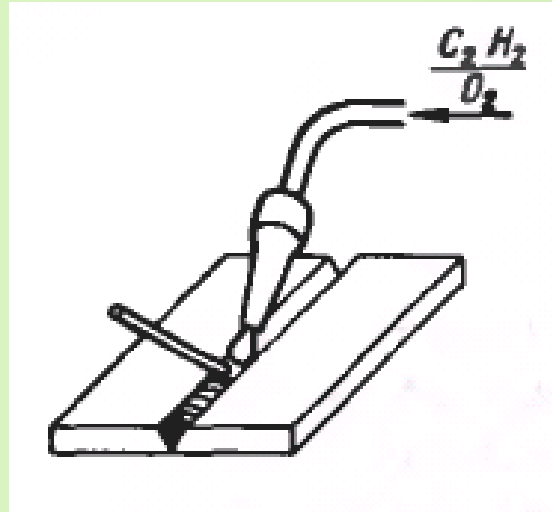


Рисунок 2 – Ацетиленоокислородная

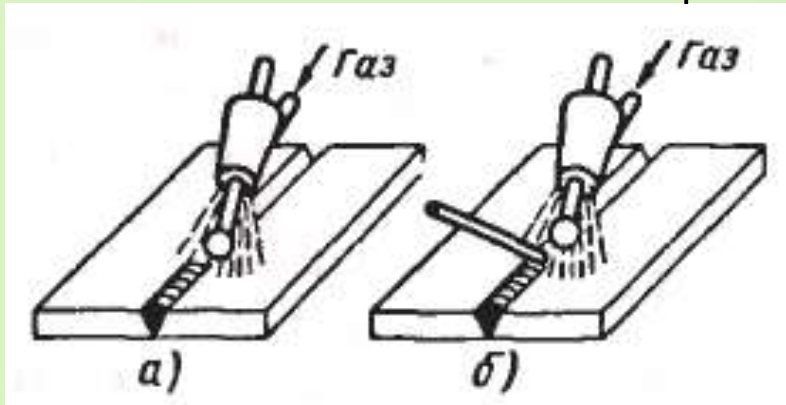
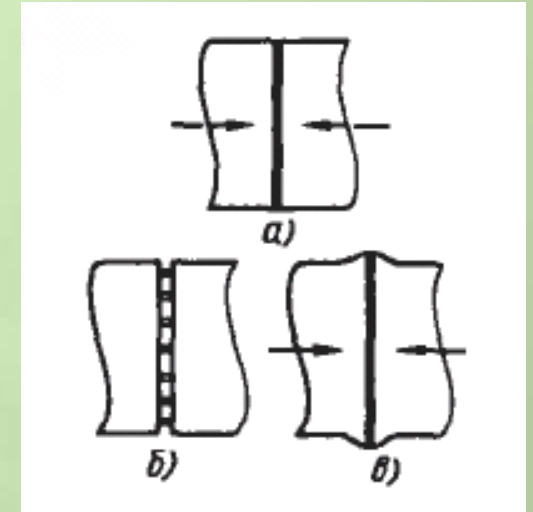


Рисунок 3 – В защитных газах

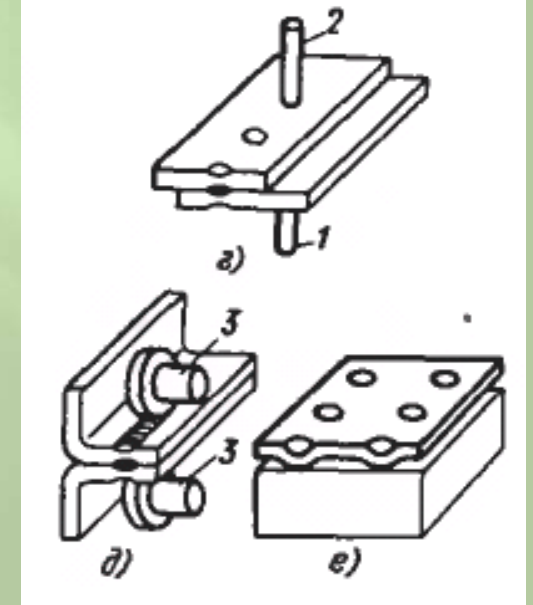


Рисунок 4 – Контактная

Основные виды сварки

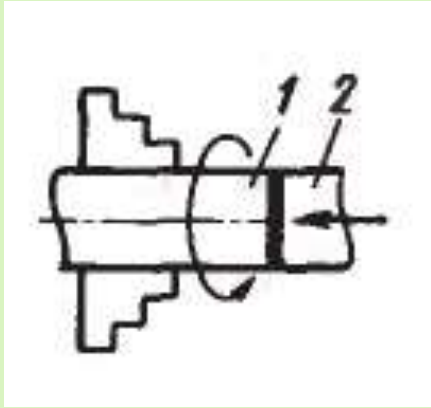


Рисунок 5 – Трением

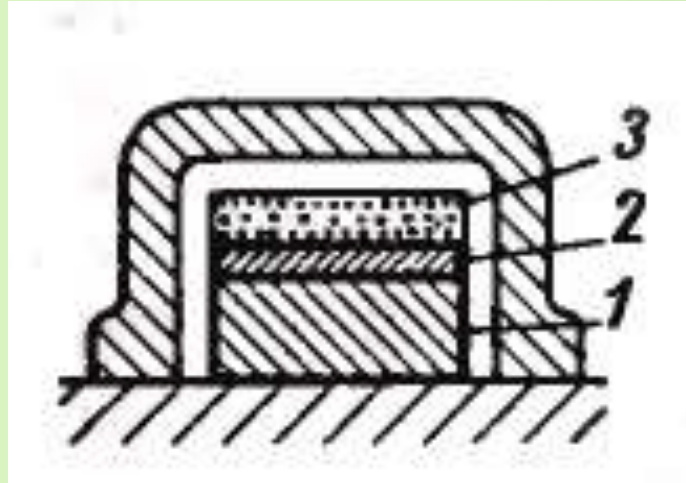


Рисунок 6 – Взрывом

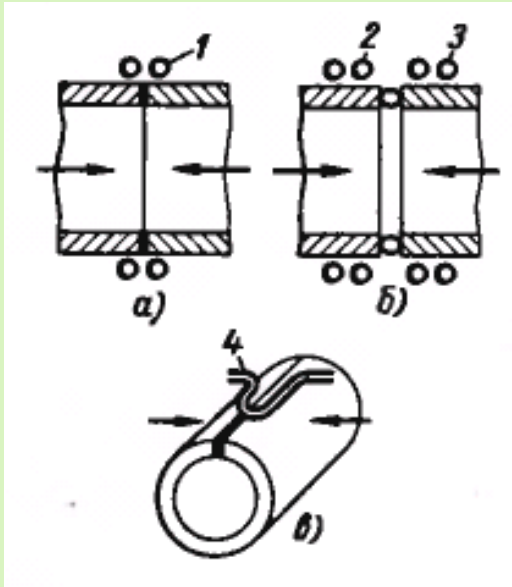


Рисунок 7 –
Индукционная

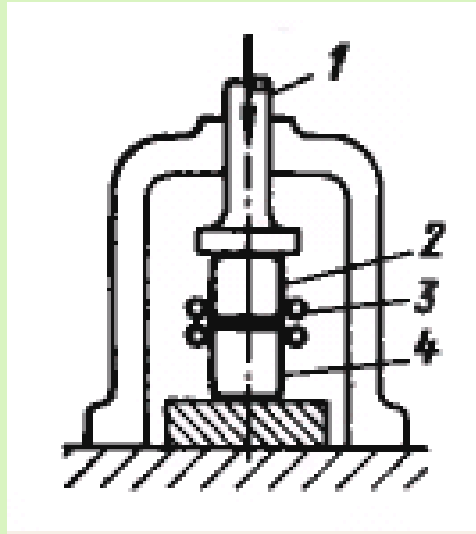


Рисунок 8 –
Диффузионная

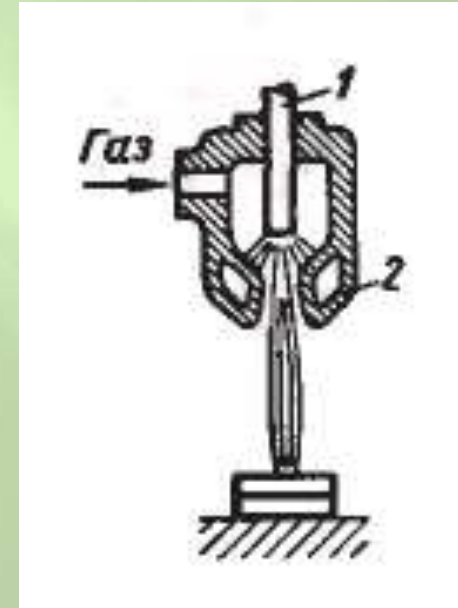


Рисунок 9 – Плазменно-
лучевая

Сварные соединения. Классификация

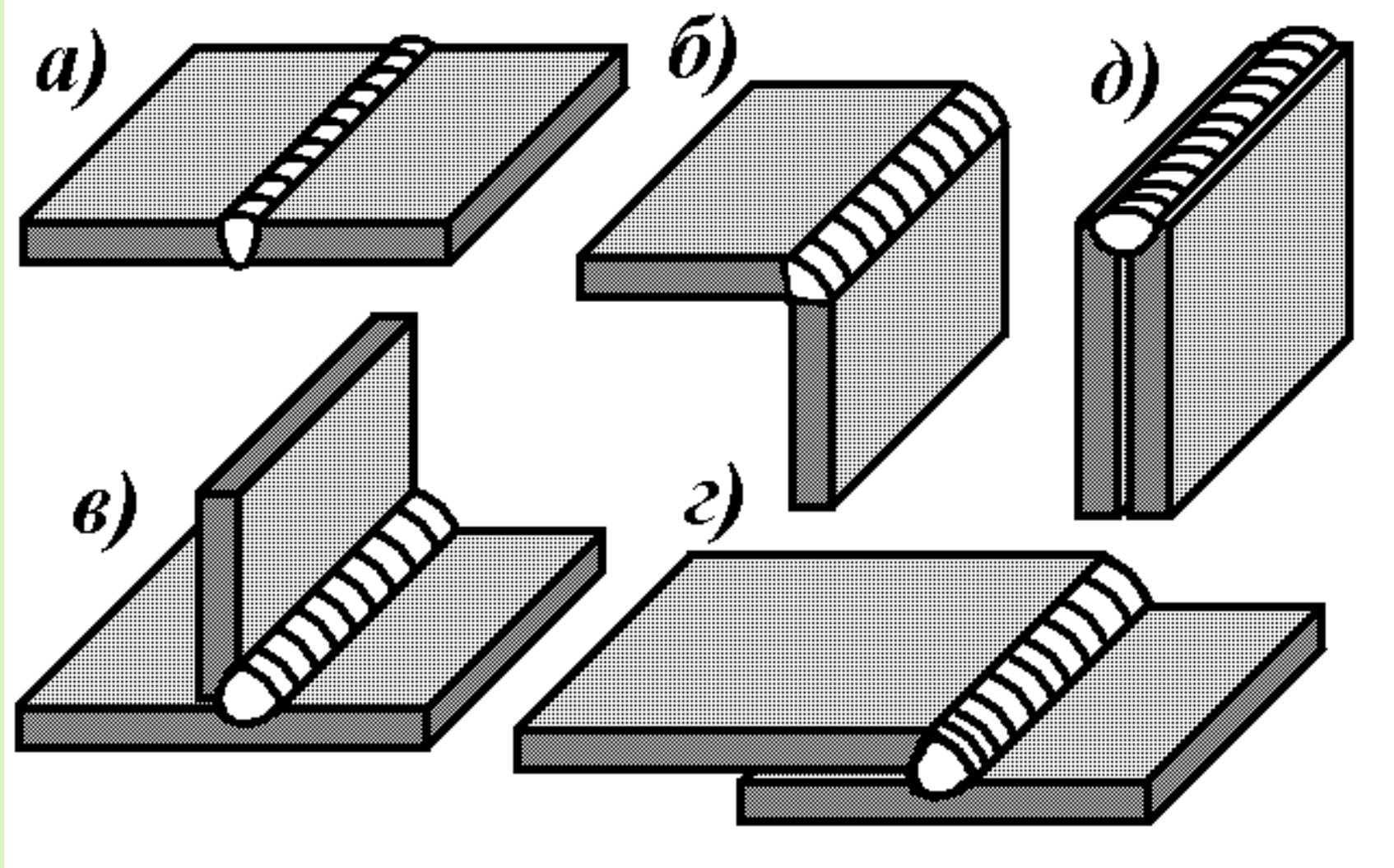
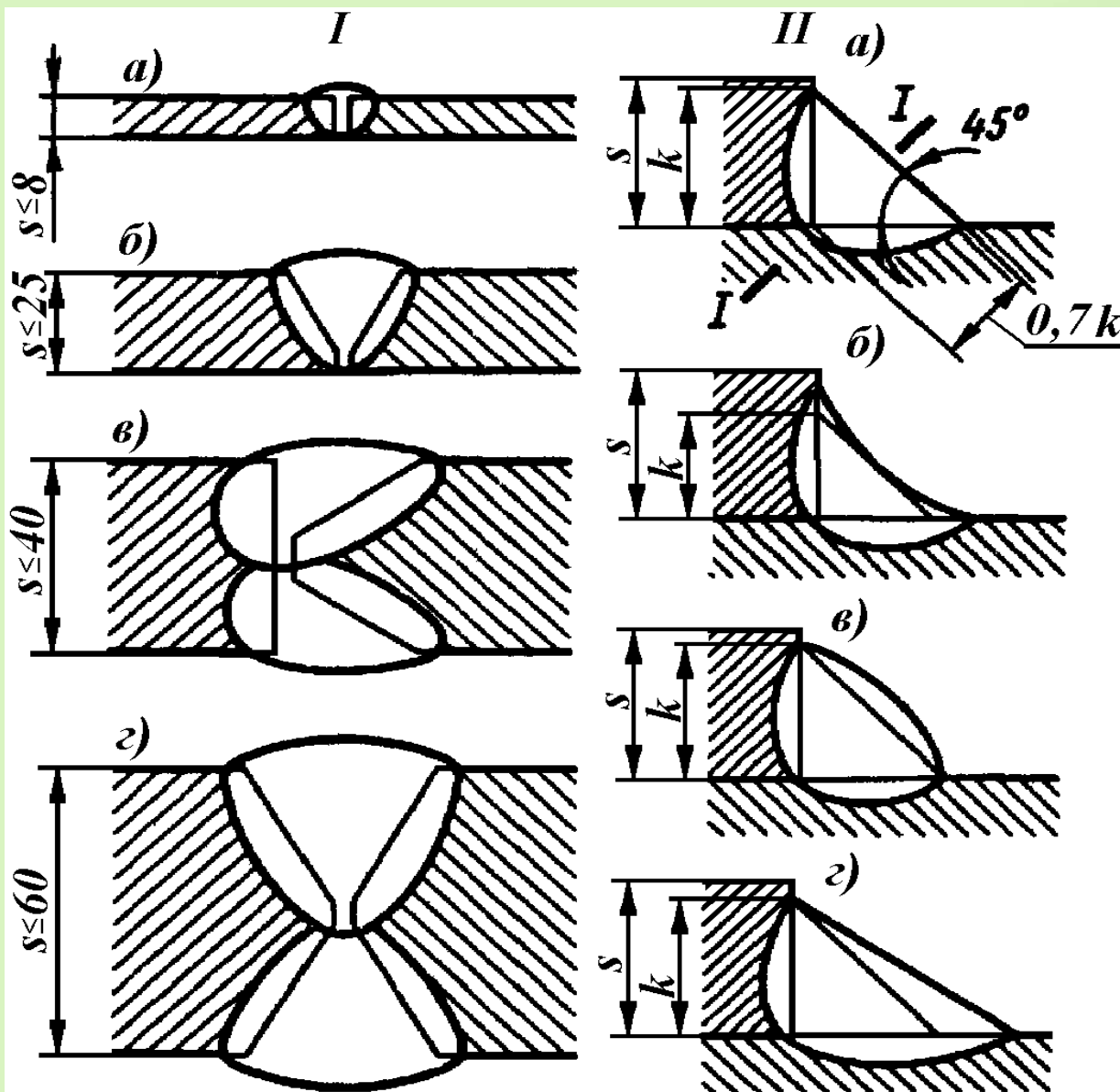


Рисунок 10 – Конструктивные типы сварных соединений:
а) стыковое; б) угловое; в) тавровое; г) нахлесточное; д) торцовое

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

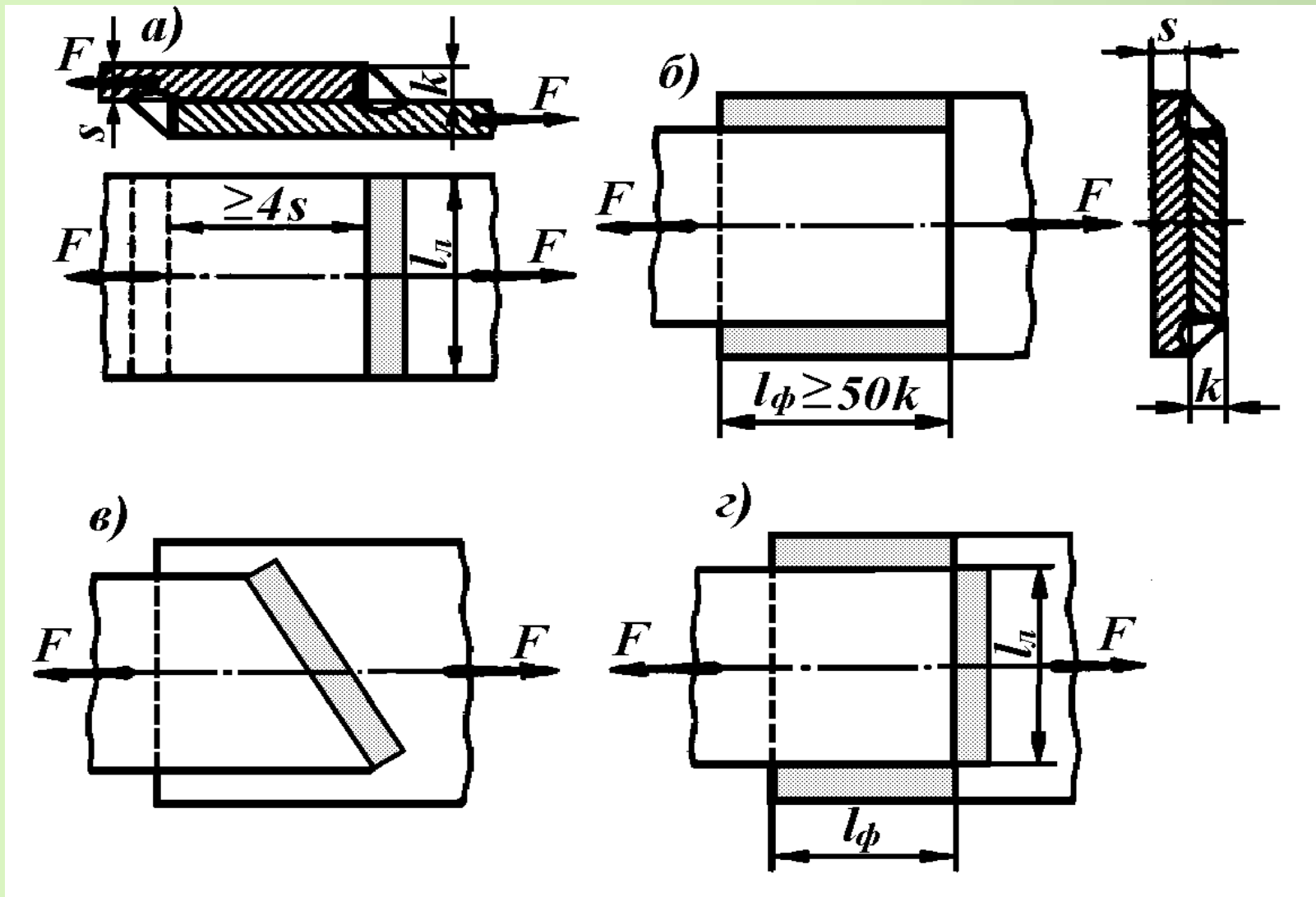


Рисунок 12 – Расположение сварочных швов по отношению к действующей нагрузке: а) лобовой; б) фланговый; в) косой; г) комбинированный

Сварные соединения. Расчет на прочность

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

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

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

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

Δ – толщина меньшего из свариваемых листов;

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

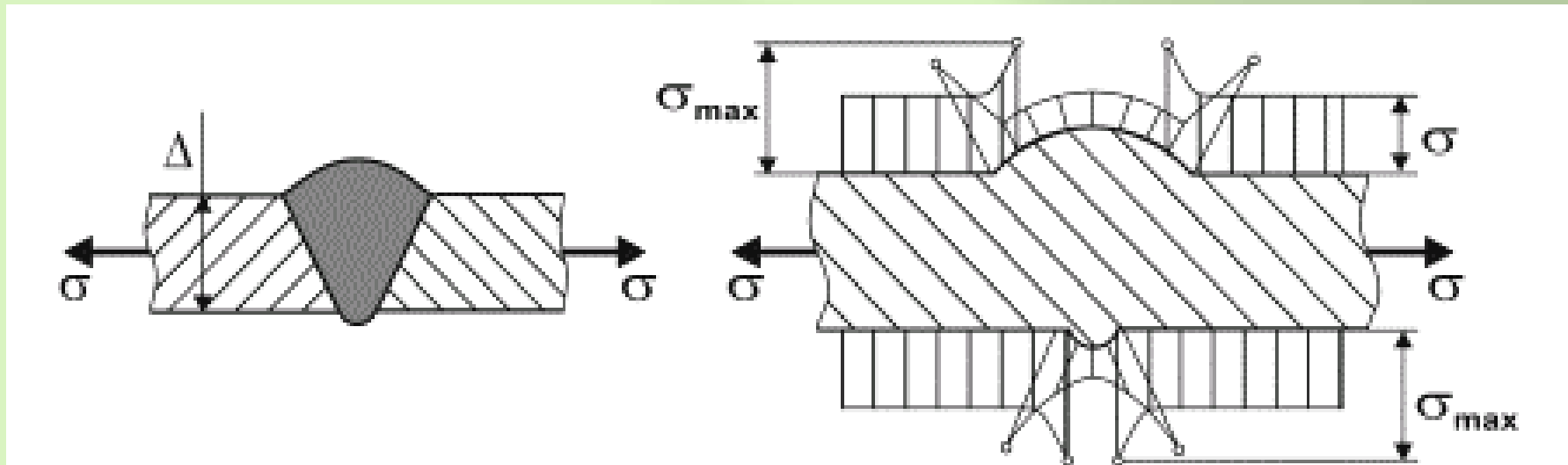


Рисунок 13 – Расчет на прочность стыковых швов

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.

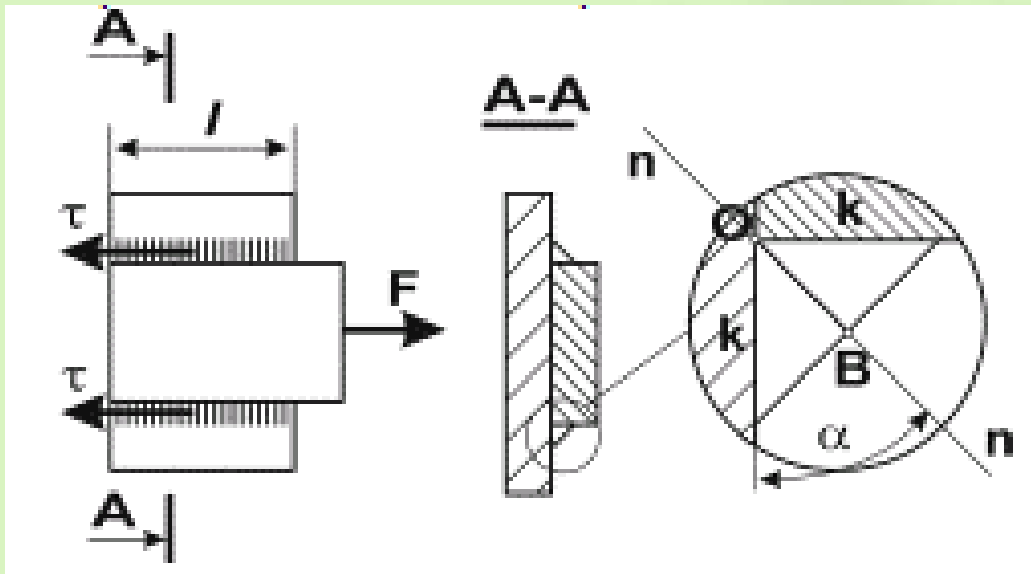


Рисунок 14 – Расчет на прочность угловых швов

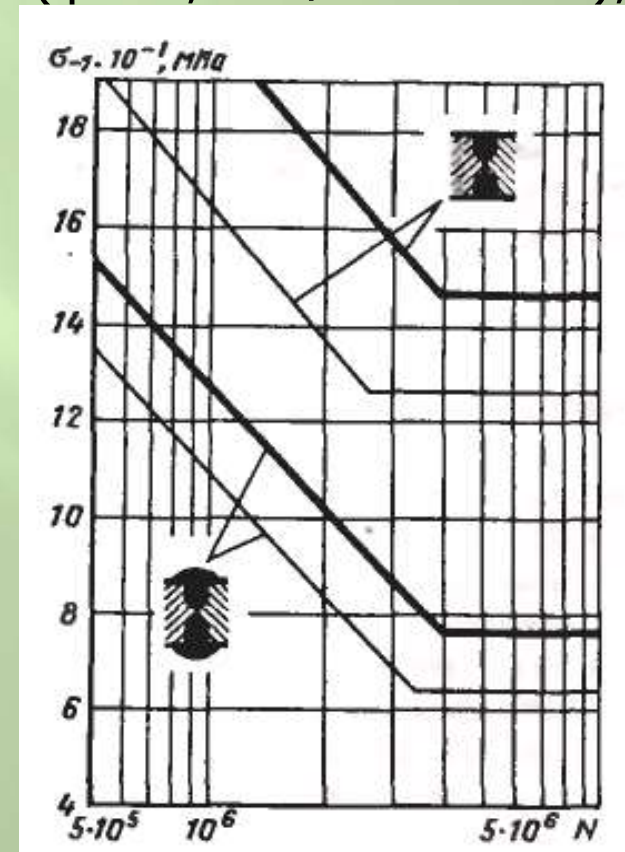
Сварные соединения. Повышение прочности

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:

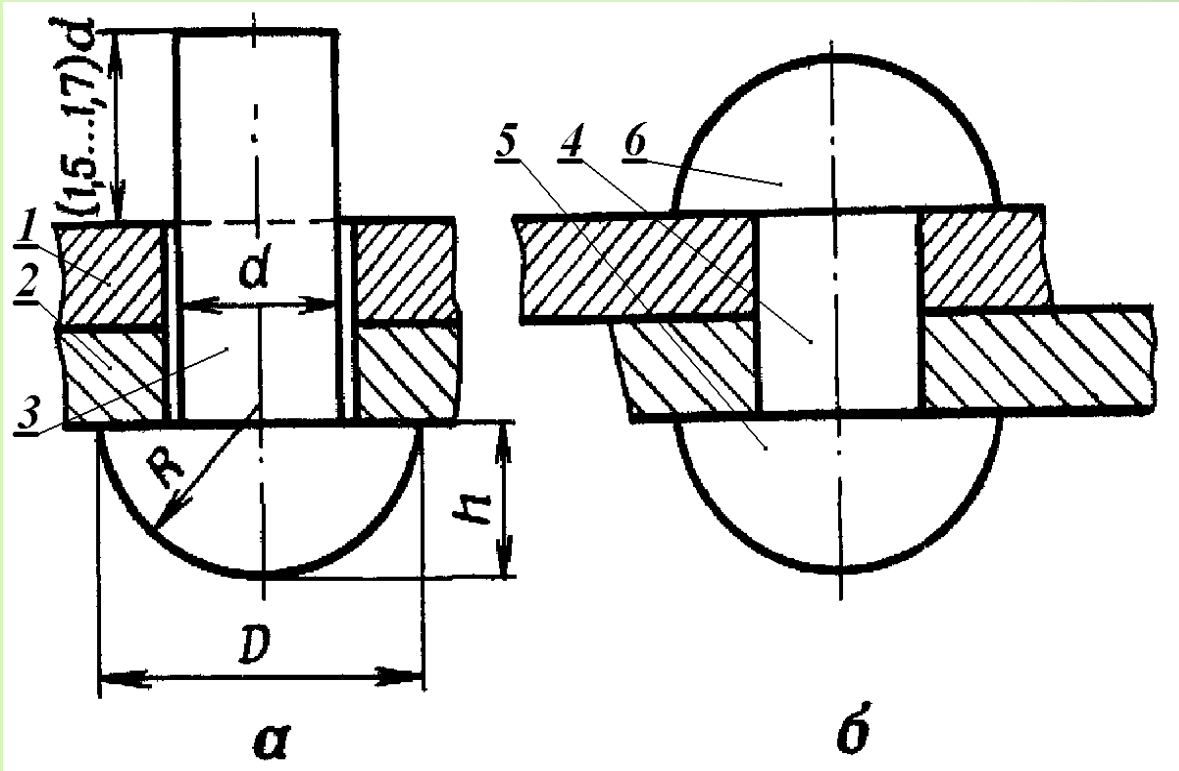
тонкие линии – кривые усталости для соединений без термической обработки



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.

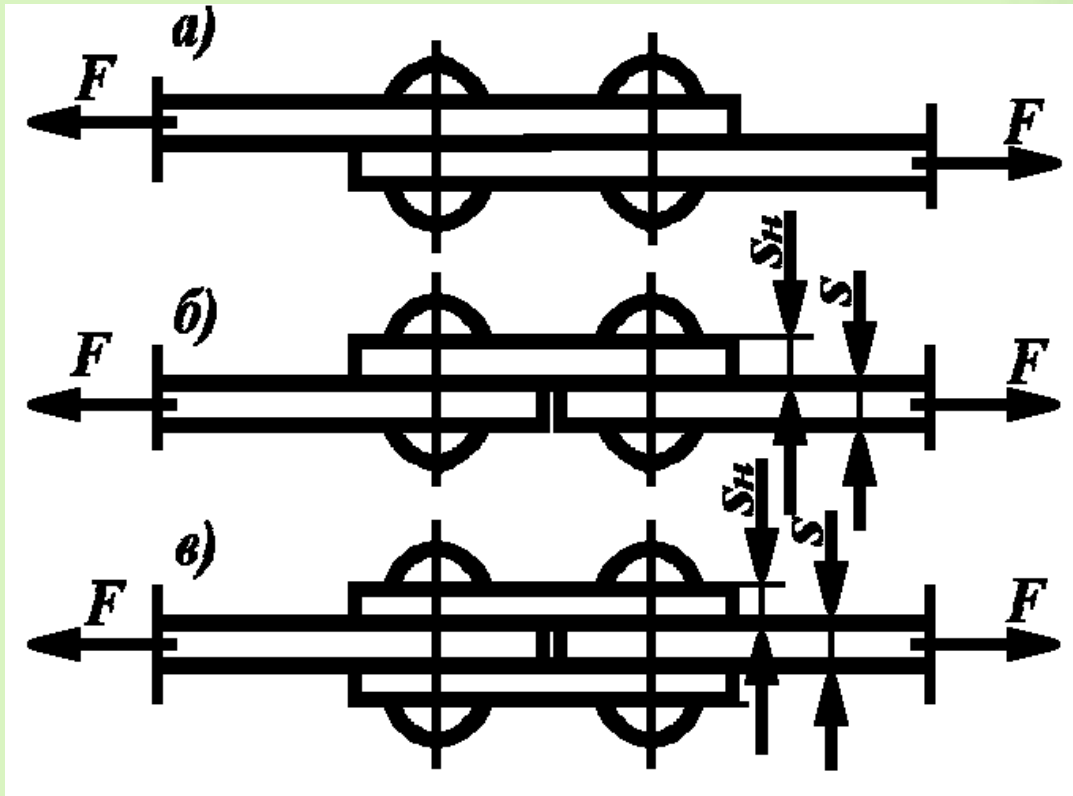


Рисунок 17 – Основные типы заклёпочных швов:

а – нахлесточный;

б – стыковой с одной накладкой;

в – стыковой с двумя накладками.

Заклепочные соединения. Классификация

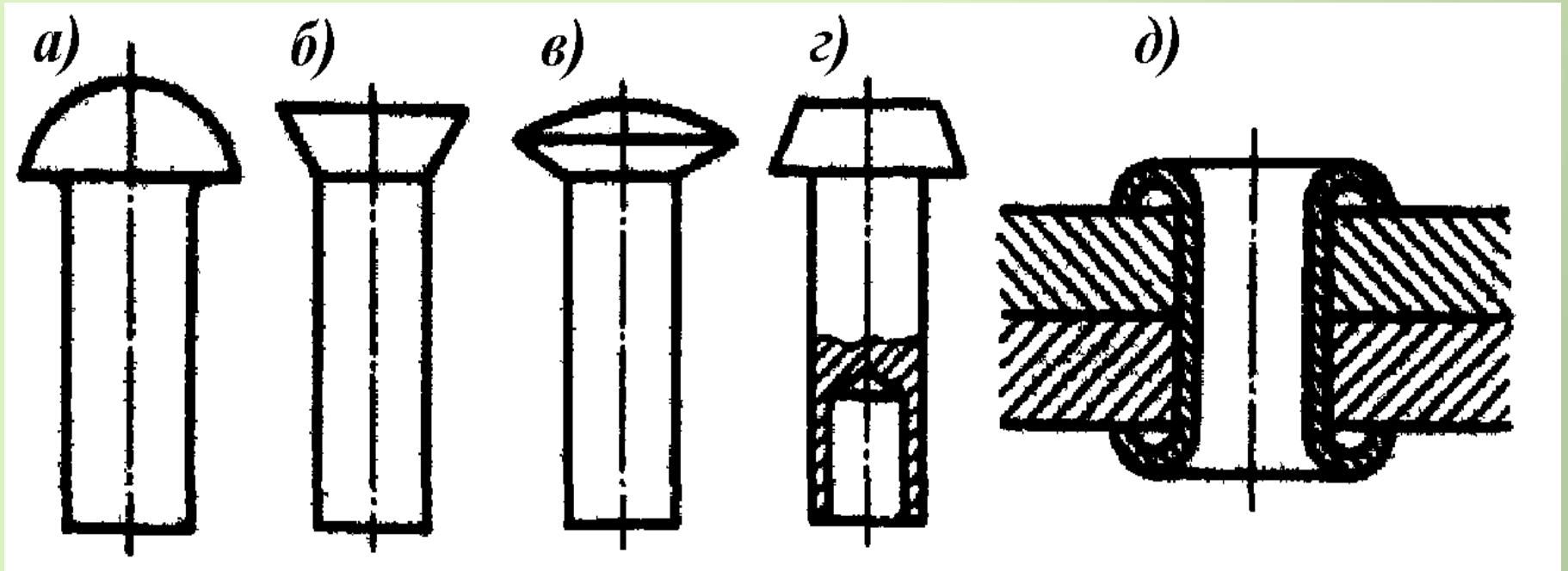


Рисунок 18 – Некоторые виды заклёпок :

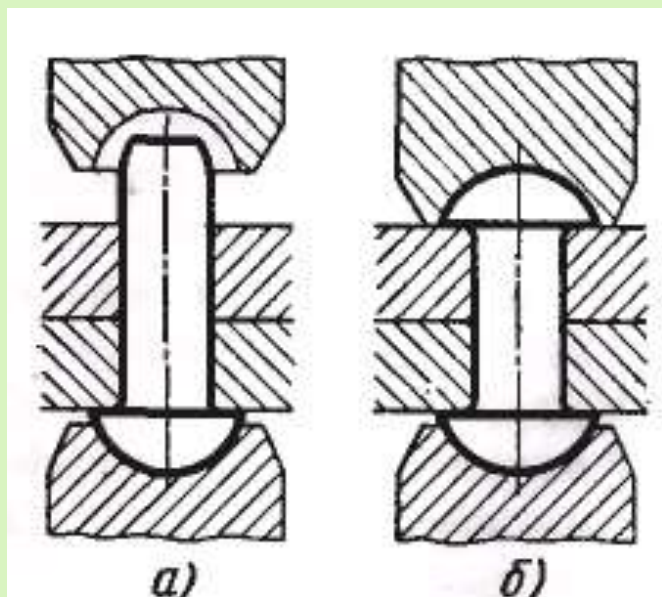
а) со сферической головкой; *б)* с потайной головкой;
в) с полупотайной головкой; *г)* полупустотелая с
цилиндрической головкой; *д)* пустотелая (пистон)

Заклепочные соединения. Технология клепания

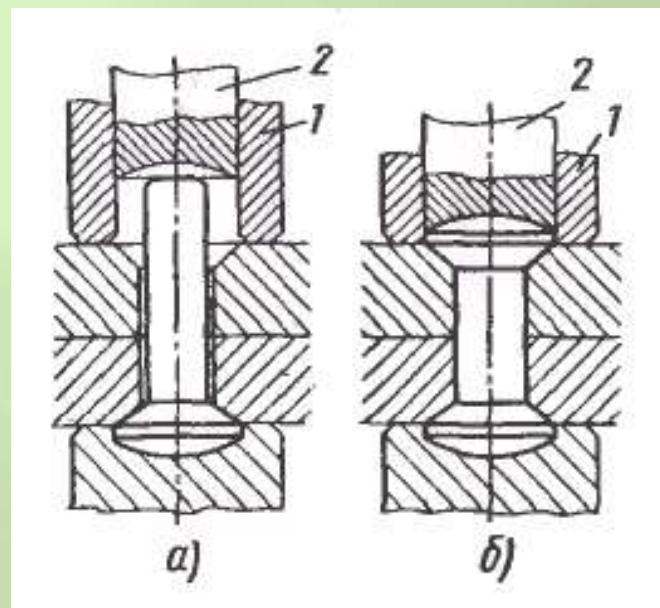
Применяют два вида клепки:

- **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)

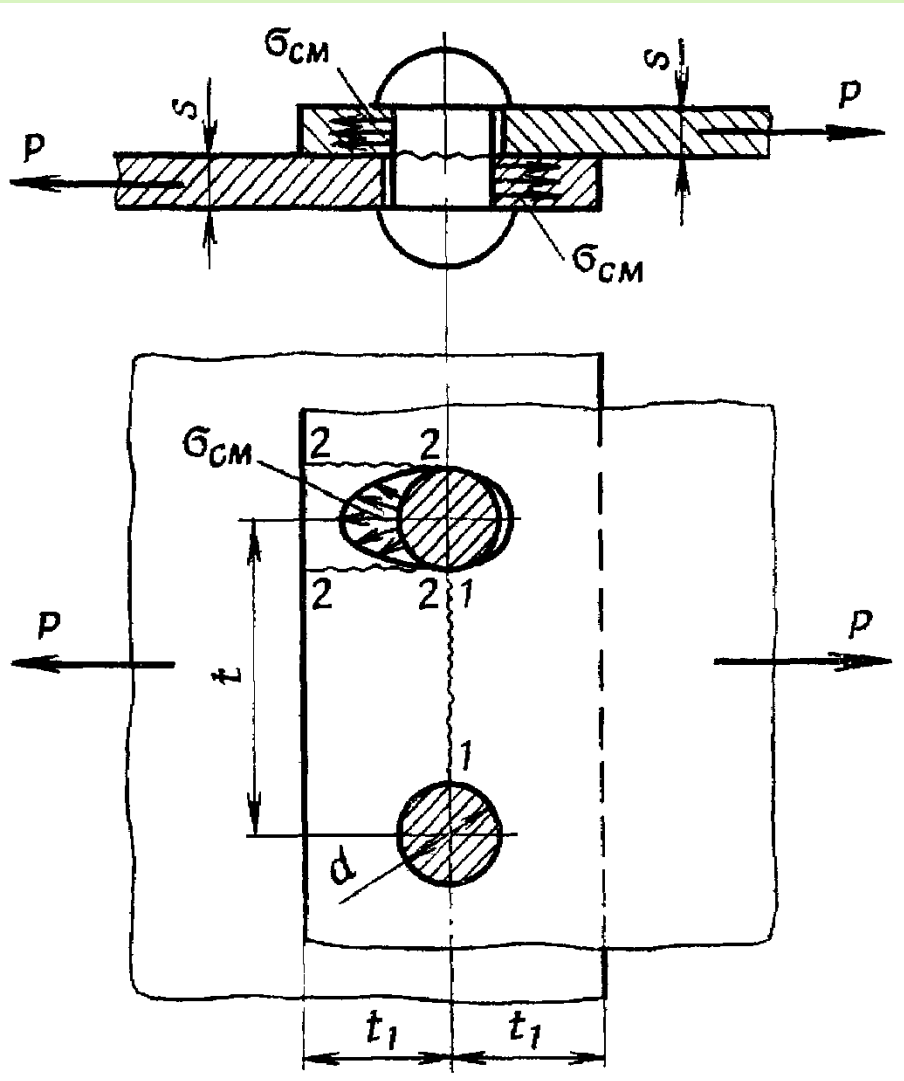


(2)

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

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

Заклепочные соединения. Расчет на прочность

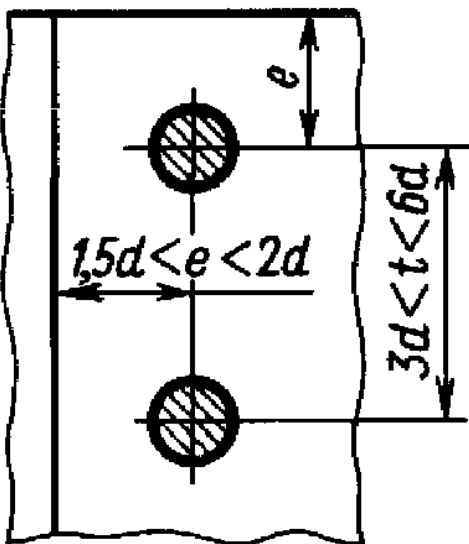
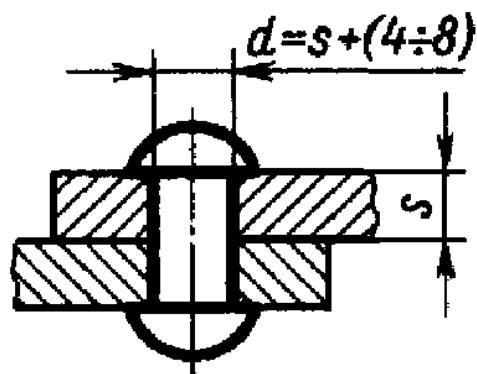


Различают четыре вида возможных разрушений заклёпочного шва:

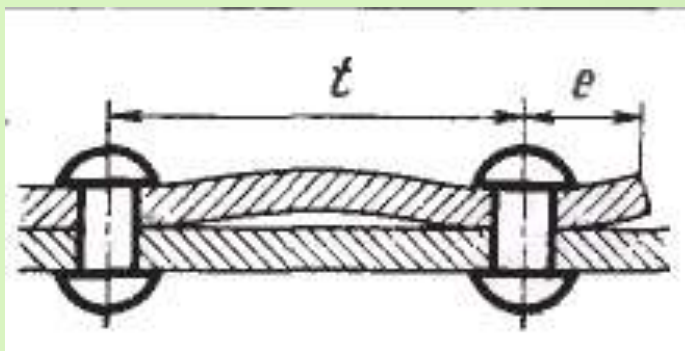
- 1) **срез** заклёпки;
- 2) **смятие** заклёпки;
- 3) **смятие** соединяемых деталей;
- 4) **обрыв** соединяемых деталей по сечению, ослабленному отверстиями для установки заклепок.

Рисунок 20 – Напряжения в заклёпочном шве

Заклепочные соединения. Конструктивные соотношения



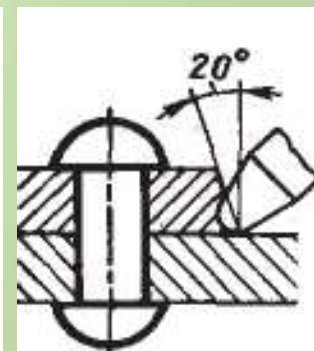
a)



б)



в)



г)

Заклепки меньшего диаметра (рисунок 21, а) могут прогнуться в отверстия 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)

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*).

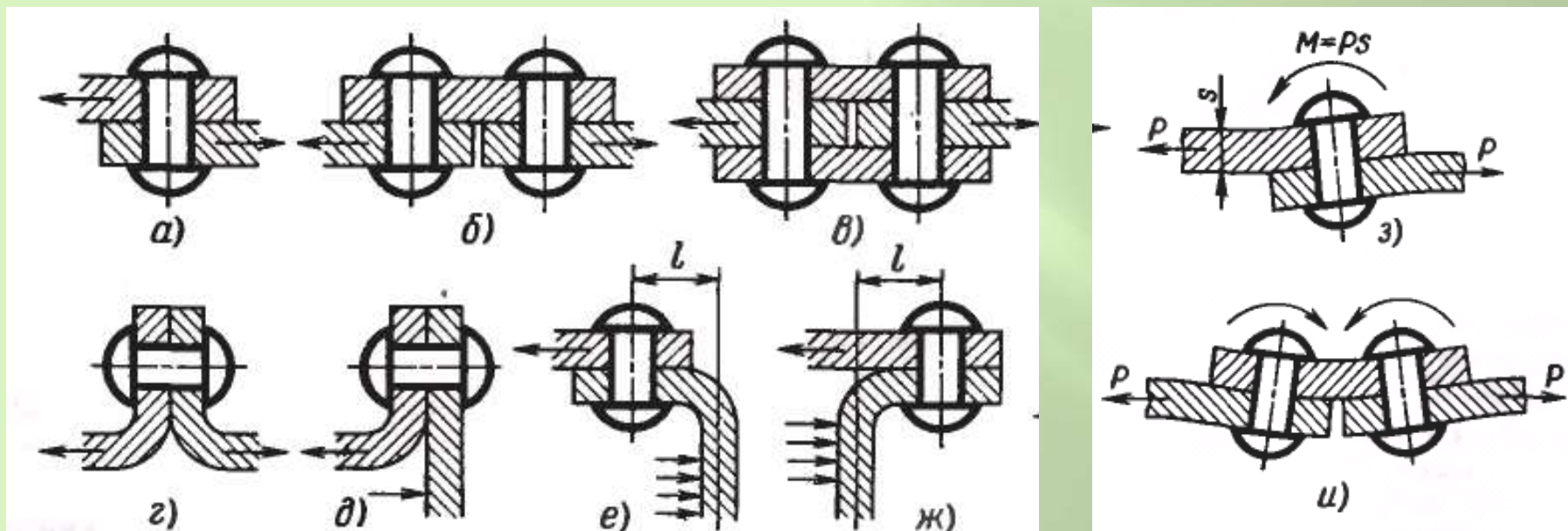


Рисунок 22 – Параметры заклёпочного соединения:

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).

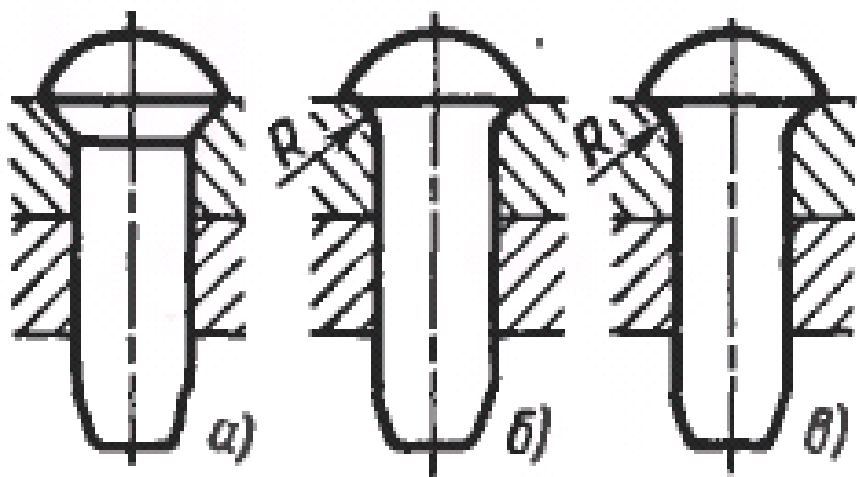


Рисунок 23 – Формы заклепок и отверстий:

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.

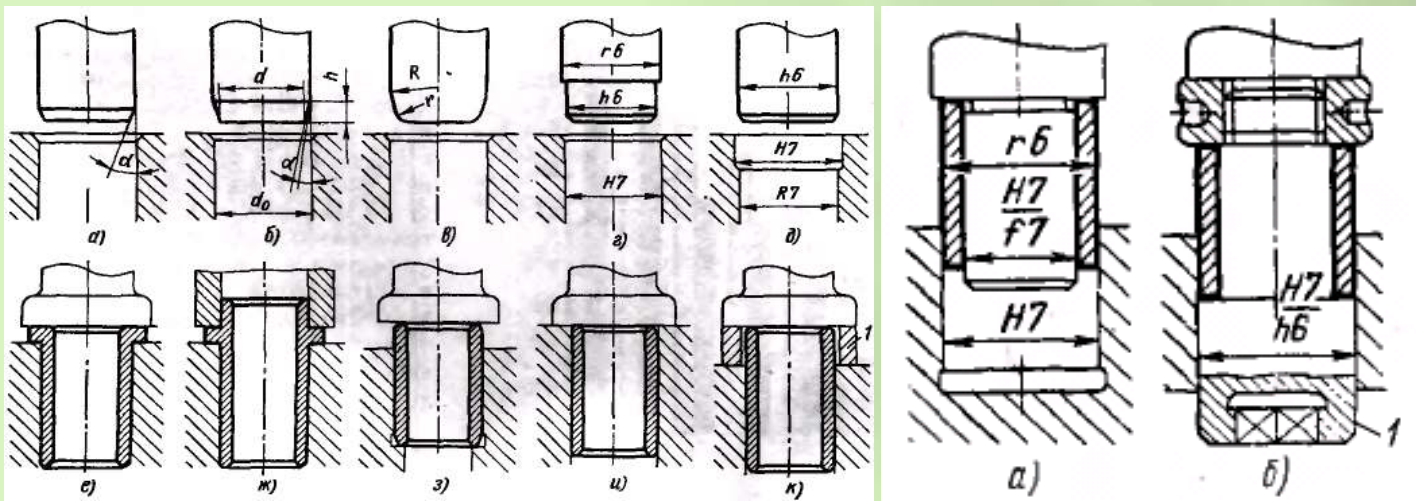


Рисунок 24

– 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:

$$T_{кр} = \frac{p \pi d^2 l f}{2}$$

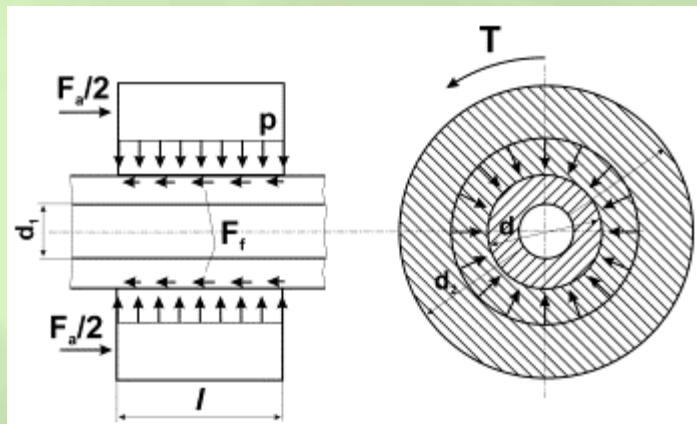


Рисунок 25 –
Расчетная схема
определения
несущей
способности

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.

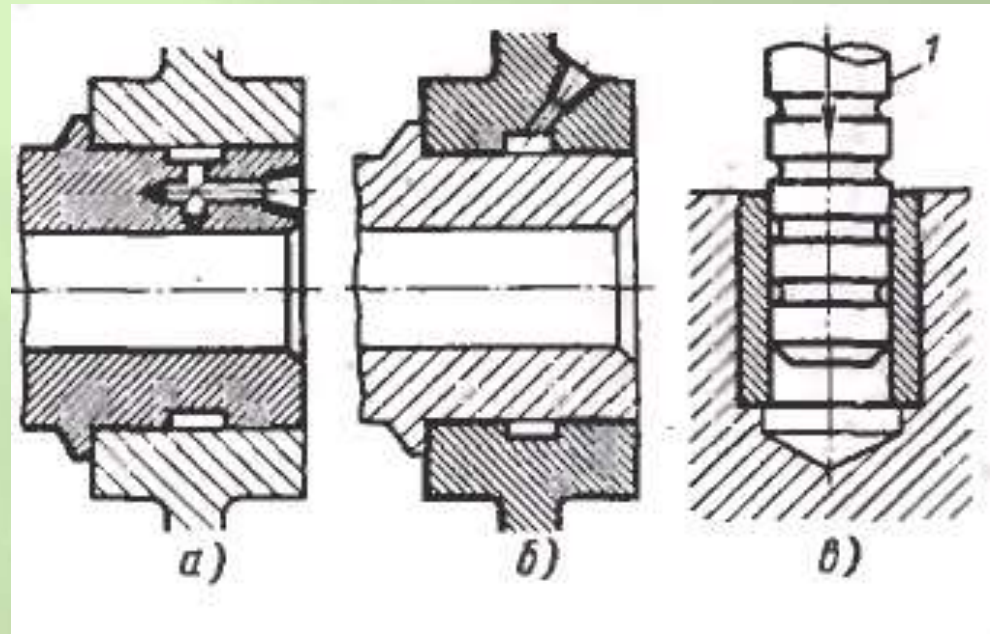
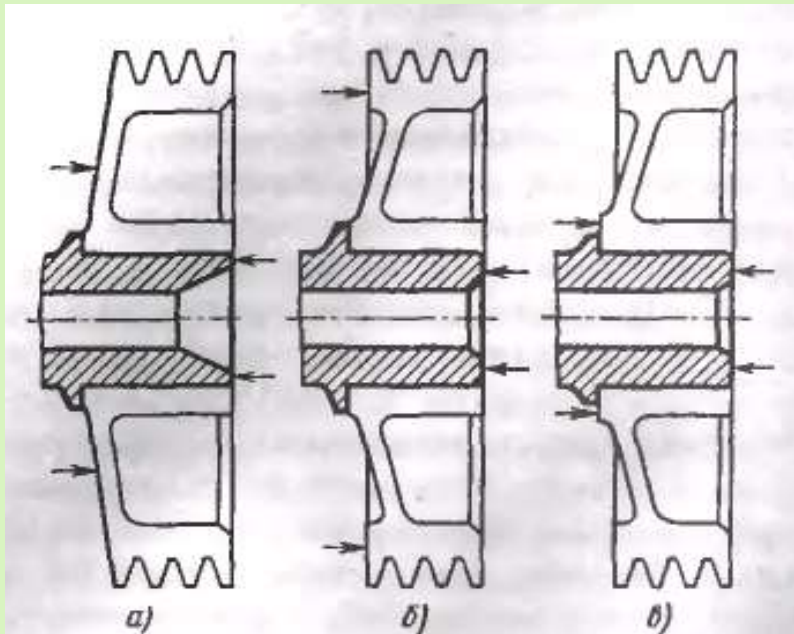


Рисунок 26 – Механическая распрессовка

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.

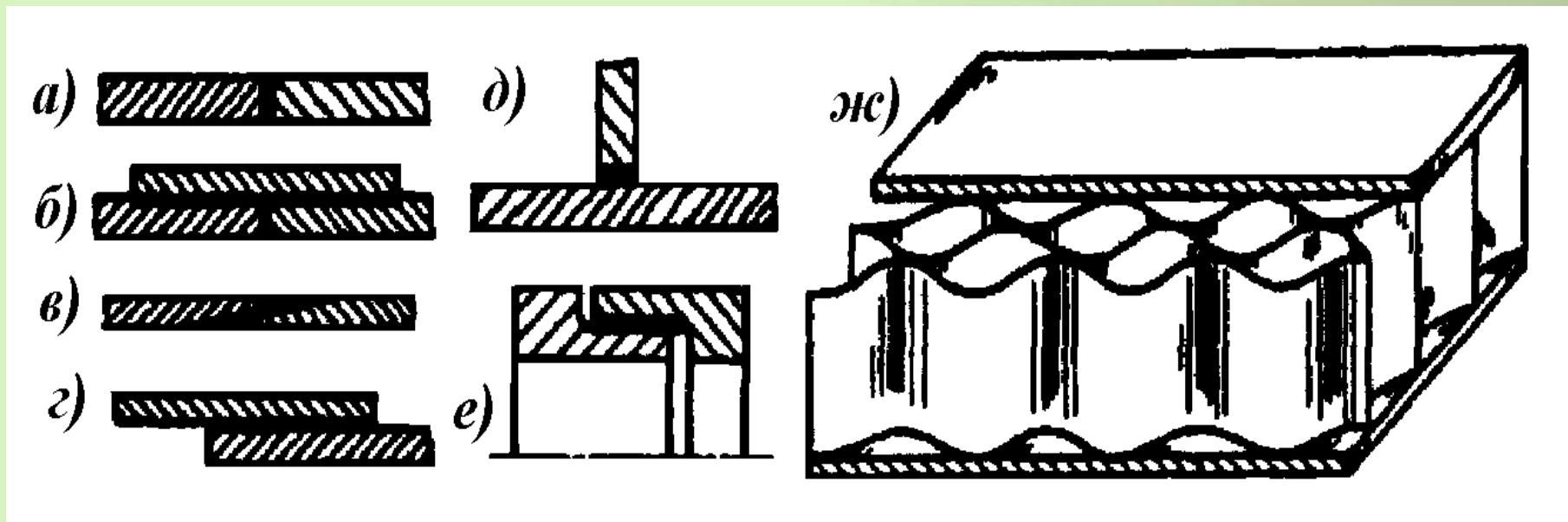


Рисунок 28 – Некоторые типы паяных соединений: а) – встык; б) – встык с накладкой; в) – в косой стык; г) – внахлестку; д) – втавр; е) – телескопическое; ж) – сотовая конструкция.

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.