

# СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Разработал: доцент каф. 202  
Ковеза Юрий Владимирович  
ауд. 227 МК  
[khai202.ho.ua](mailto:khai202.ho.ua)

Лектор: ассистент каф. 202  
Светличный Сергей Петрович  
ауд. 246

# Содержание лекции:

1. Назначение. Область применения.  
Преимущества и недостатки.
2. Классификация.
3. Расчет на прочность.
4. Расчет на прочность соединений в стык.
5. Расчет на прочность соединений внахлестку.
6. Неравномерность распределения напряжений в сварном шве.

# Содержание лекции:

7. Расчет на прочность лобовых швов.
8. Расчет на прочность соединений внахлестку, нагруженных моментом в плоскости стыка.
9. Правила конструирования.

Неразъёмное соединение, образуемое путём оплавления соединяемых деталей. Это основной вид неразъёмных соединений в машиностроении. Сварку используют не только для соединения деталей, но и для изготовления самих деталей.



# Преимущества

1. Экономия металла до 20 % по сравнению с клепаными и литыми конструкциями.
2. Высокая производительность процесса.
3. Низкая стоимость оборудования.
4. Бесшумность процесса.
5. Более совершенные конструктивные формы.
6. Меньше припуск на обработку.

# Недостатки

1. Нестабильность качества сварного шва.
2. Сниженная прочность при вибрациях.
3. Не все материалы выгодно сваривать.
4. Не все материалы и детали допускают нагрев.

# Классификация

## По способу нагрева

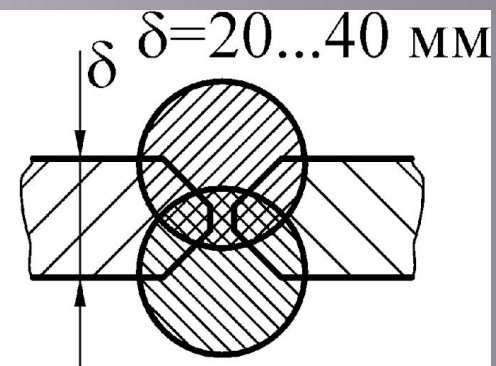
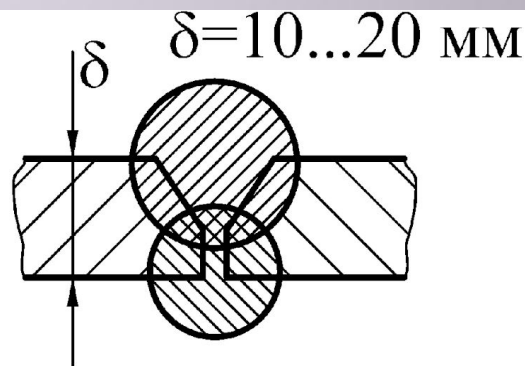
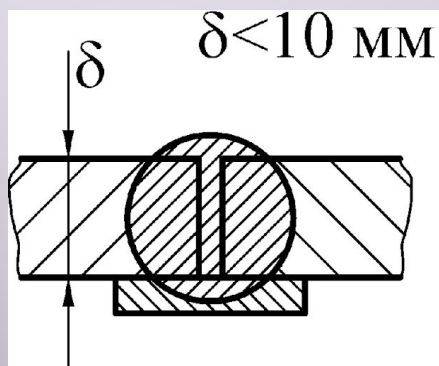
- Термическая (дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая и др.)
- Термомеханическая (контактная, диффузионная и др.)
- Механическая (холодная, сварка трением, ультразвуком и др.)

## По способу расплавления

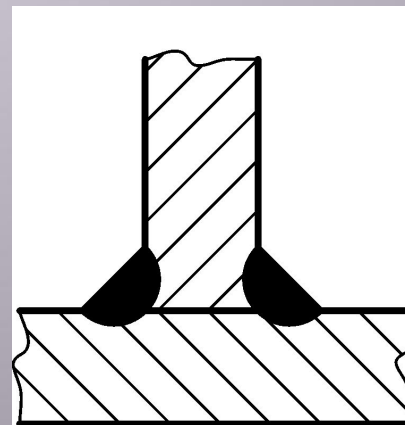
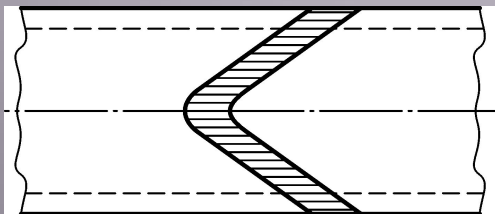
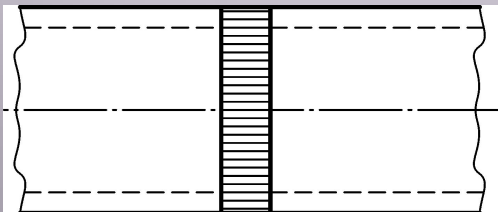
- Электродуговая (ручная, полуавтоматическая, автоматическая под флюсом)
- Газовая (кислород-ацетилен, пропан-бутан и др.)
- Точечная
- Роликовая

# Классификация

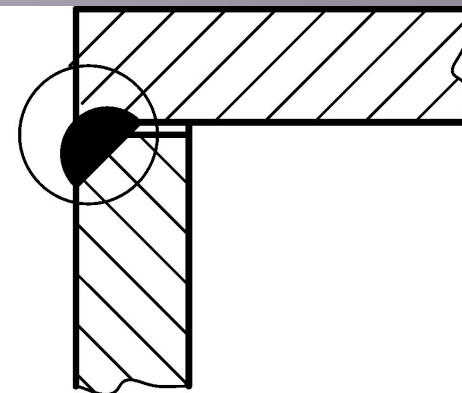
По расположению соединяемых деталей



Встык



Тавровый



Угловой

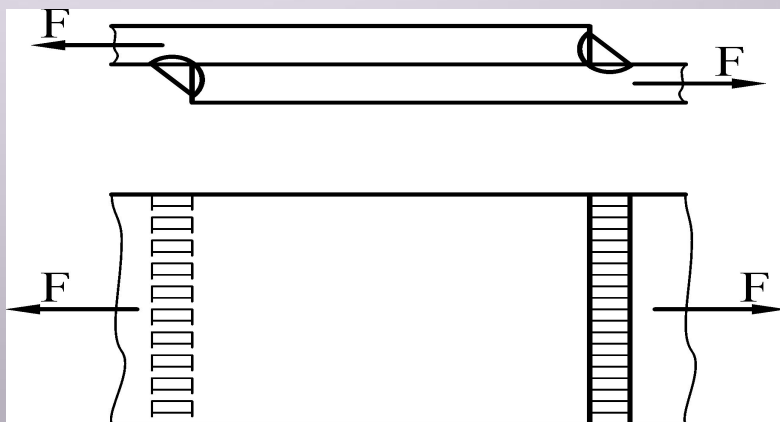
# Классификация

## По расположению соединяемых деталей

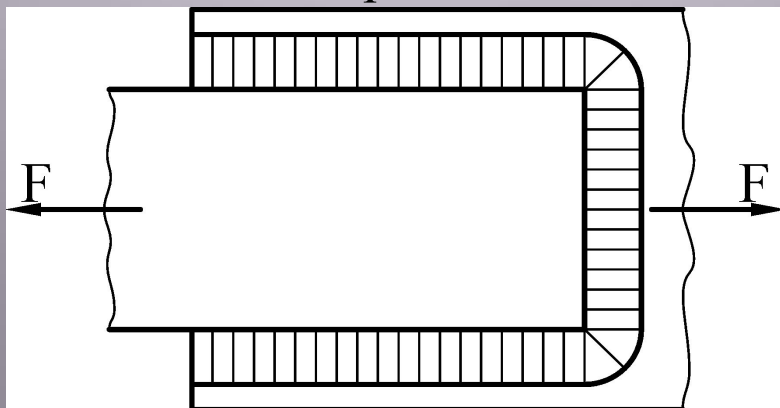
### Внахлёстку

В зависимости от расположения шва относительно линии действия силы

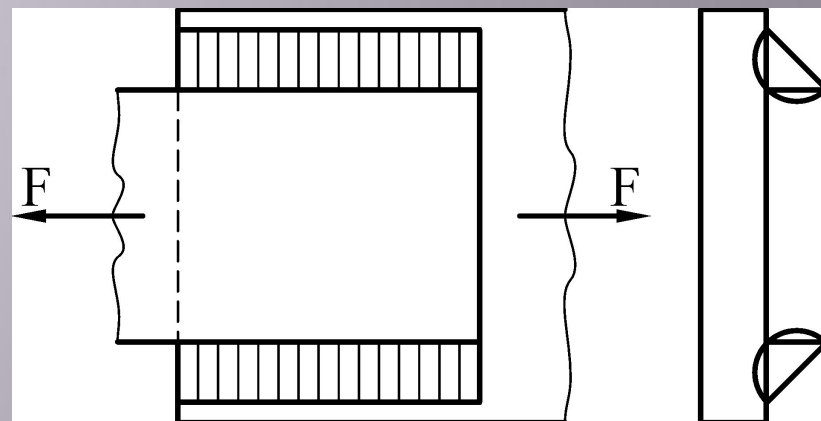
Лобовой



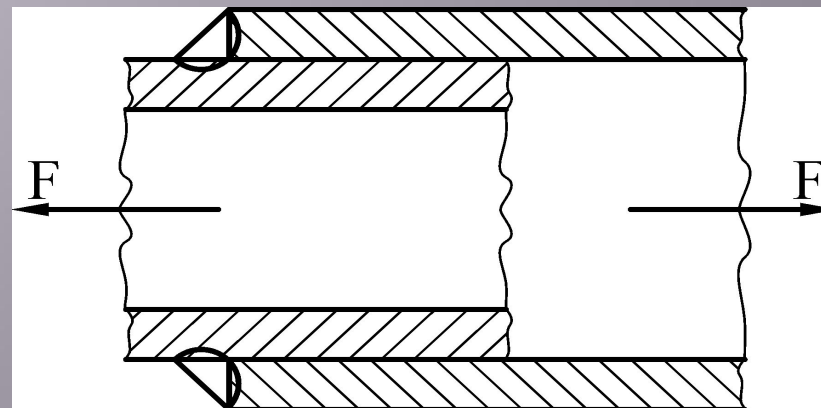
Комбинированный



Фланговый



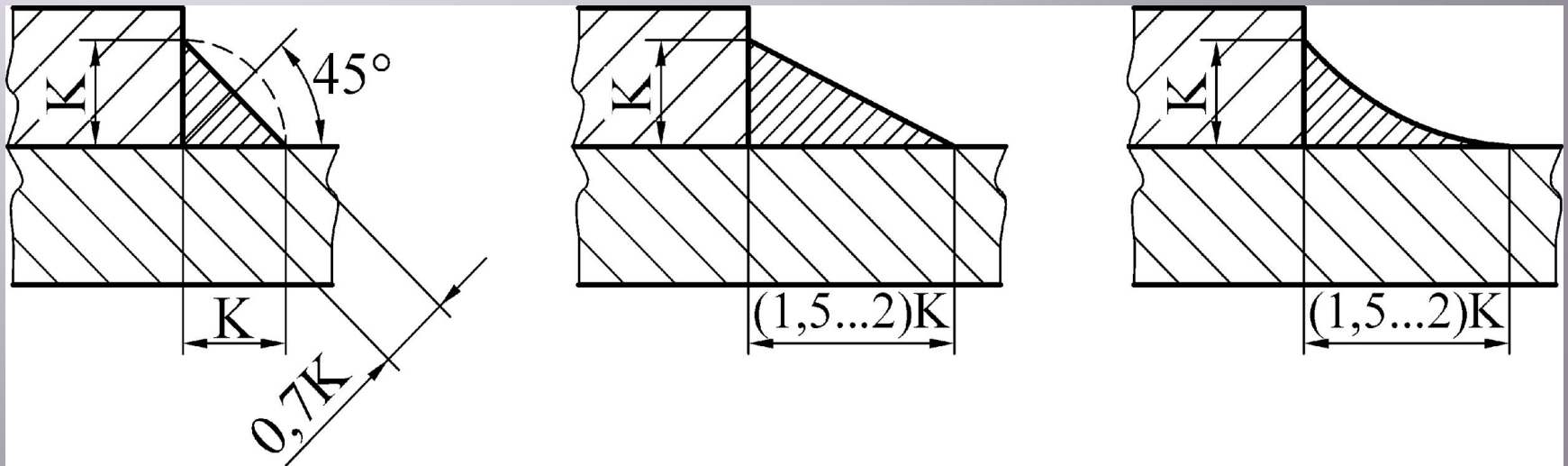
Кольцевой





# Классификация

По форме сечения



нормальный  
равнобедренный

специальный  
неравнобедренный

вогнутый  
(улучшенный)

# Расчет на прочность

Для легированных и высокопрочных сталей расчёт ведут по разрушающим нагрузкам:

$$F = \varphi \sigma_B A \leq F_p$$

$$\varphi = 0,8.$$

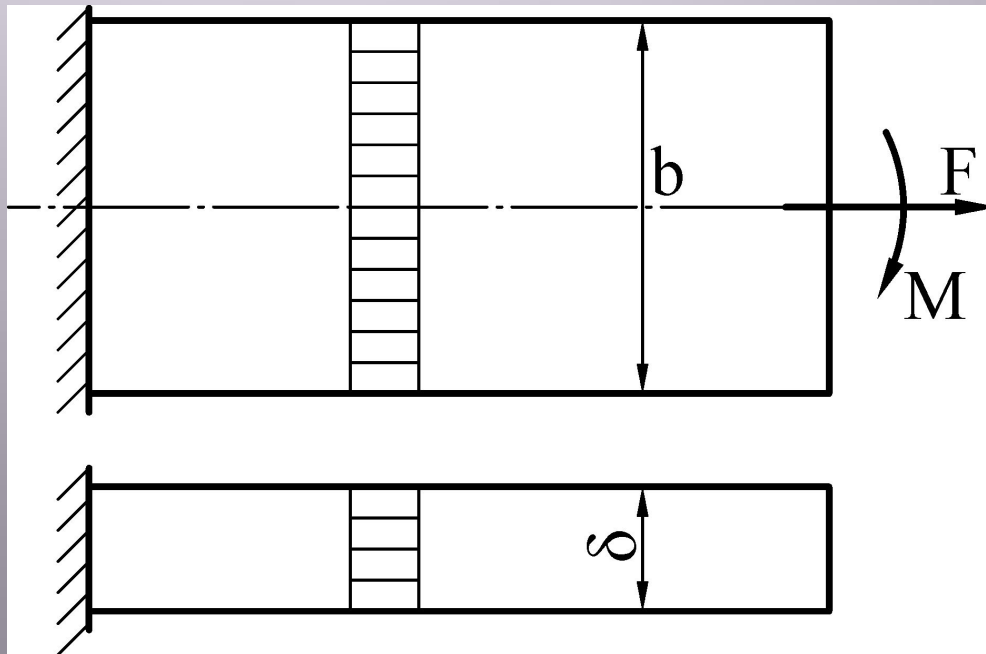
Для низкоуглеродистых сталей – по уменьшенным допускаемым напряжениям, рассчитанным относительно предела текучести:

$$\sigma'_p = (0,8...1) [\sigma_p] \qquad [\tau'] = 0,65 [\sigma_p]$$

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{(1,4...1,8)}$$

# Расчет на прочность соединений встык

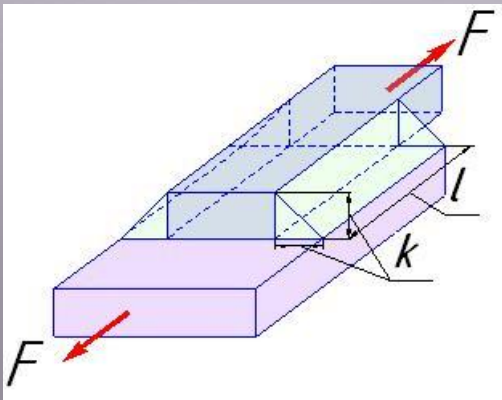
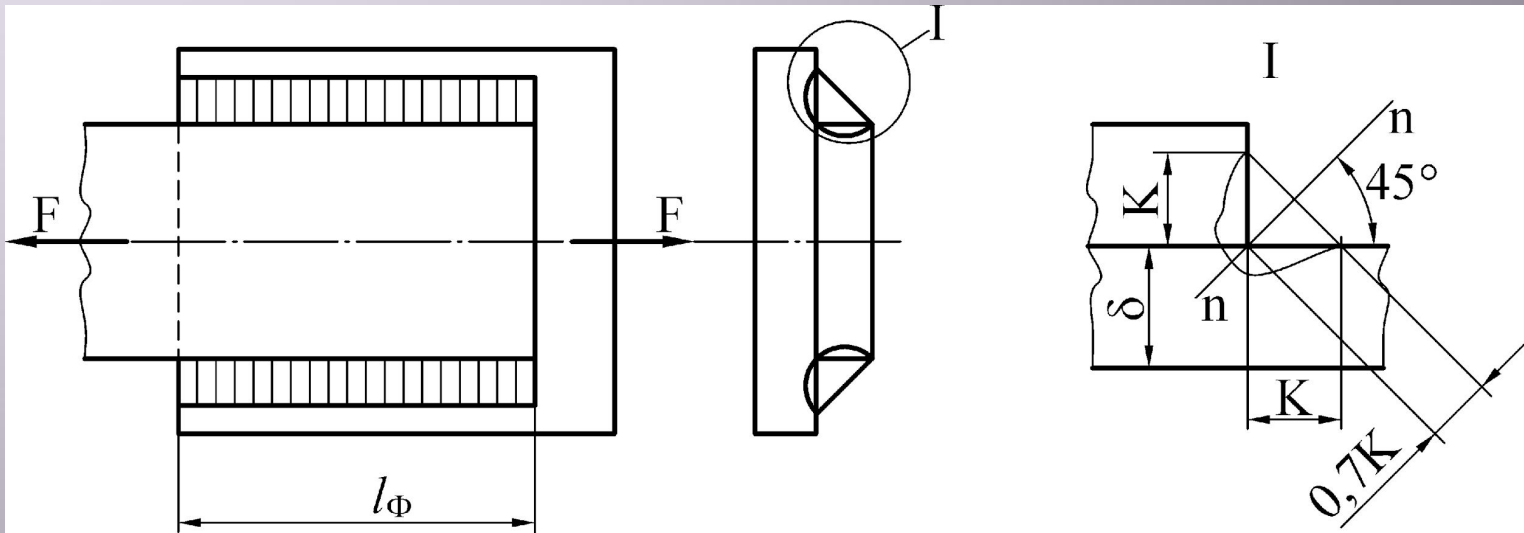
Выполняют по размерам сечения детали в зоне термического влияния.



$$\sigma = \frac{F}{\delta b} + \frac{6M}{\delta b^2} \leq [\sigma']$$

# Расчет на прочность соединений внахлестку

Основной вид разрушения – срез по бисекторной площадке прямого угла поперечного сечения шва.



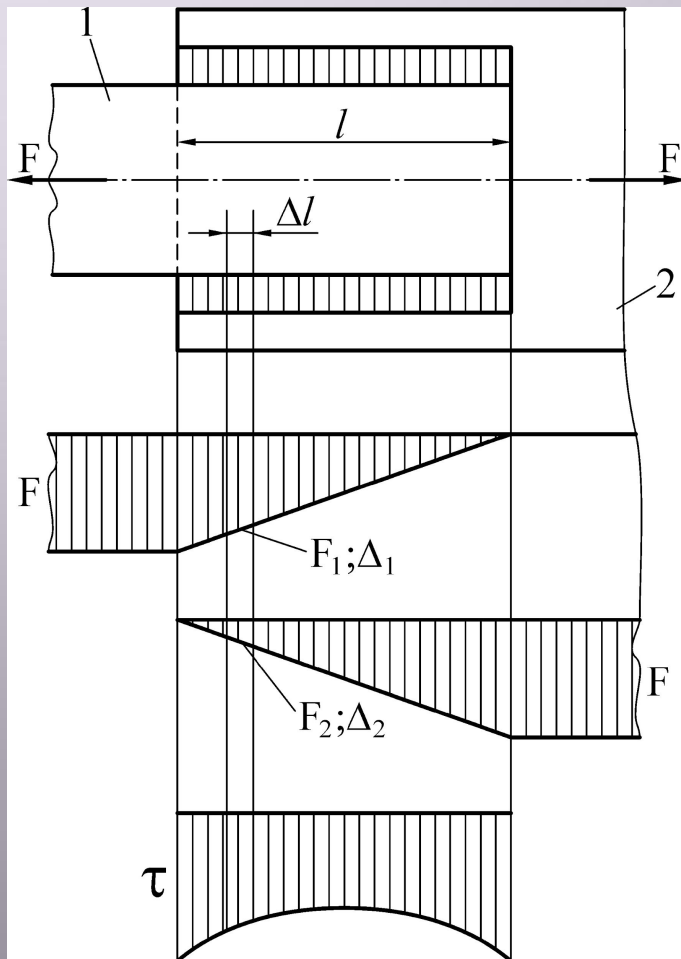
$$\tau = \frac{F}{0,7kl} \leq \varphi\tau_B$$

$$\tau_B = 0,6\sigma_B$$

# Неравномерность распределения напряжений в сварном шве

- Напряжения среза по длине шва распределяются неравномерно.
- Причина неравномерности распределения напряжений заключается в податливости соединяемых деталей

# Неравномерность распределения напряжений в сварном шве



$\Delta_1$  - деформация элементарного отрезка детали 1

$\Delta_2$  - деформация элементарного отрезка детали 2

Поскольку  $F_1 > F_2$ , то  $\Delta_1 > \Delta_2$  и

$$\Delta l + \Delta_1 > \Delta l + \Delta_2$$

Разница длин – деформация сварного шва. Чем больше деформация, тем больше усилие, ее вызвавшее. Напряжения пропорциональны усилиям. На крайних участках шва напряжения больше, на средних – меньше.

# Неравномерность распределения напряжений в сварном шве

- При статическом нагружении принимают равномерное распределение напряжений.
- С ростом напряжений на крайних участках шва эти напряжения могут достигнуть  $\tau_T$  и произойдет перераспределение напряжений по длине шва.
- При переменной нагрузке необходимо учитывать неравномерность, так как при достижении предела выносливости произойдет усталостное разрушение.

# Неравномерность распределения напряжений в сварном шве

Рекомендуемая длина сварного шва  $l_{max} = (50..60)k$

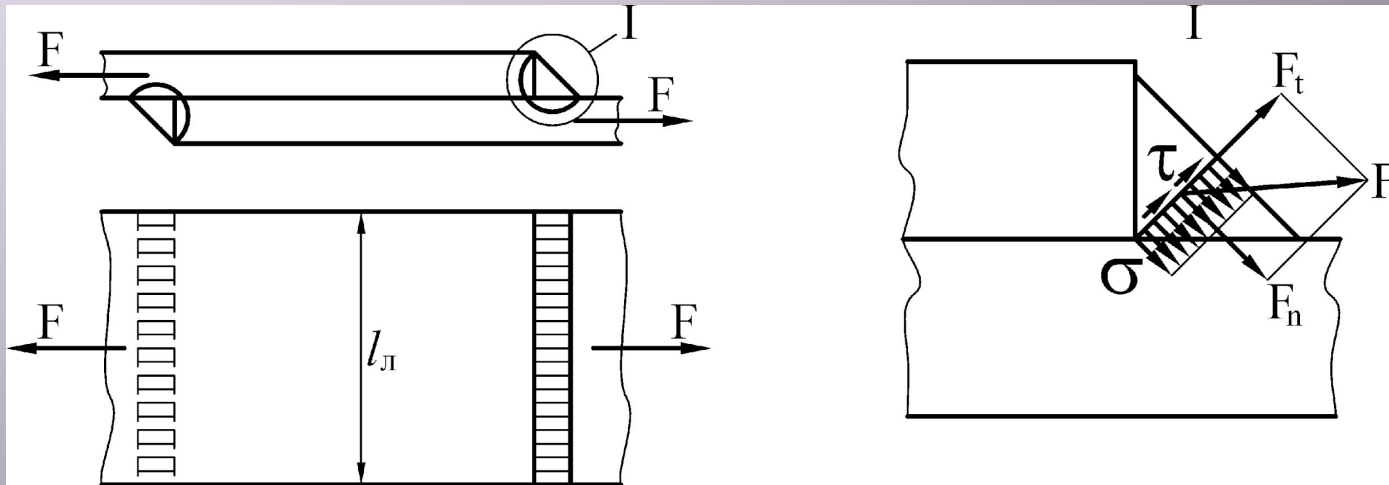
$k$  – катет сварного шва;  $k_{min} = 3$  мм

Принимают  $k = \delta$ ,  $l_{min} = 30$  мм, так как возможен непровар на концах шва.



# Расчет на прочность ЛОБОВЫХ ШВОВ

- Лобовые швы, как и фланговые, разрушаются в основном по биссекторной площадке.



По ее поверхности действуют нормальные и касательные напряжения, от растягивающей силы  $F_n = F \sin 45^\circ$  и сдвигающей силы  $F_t = F \cos 45^\circ$

# Расчет на прочность лобовых швов

- В инженерной практике лобовые швы рассчитываются только на срез.
- Таким образом, расчет угловых швов (фланговых и лобовых) унифицирован, и его выполняют по формуле:

$$\tau = \frac{F}{0,7kl} \leq \varphi\tau_B$$

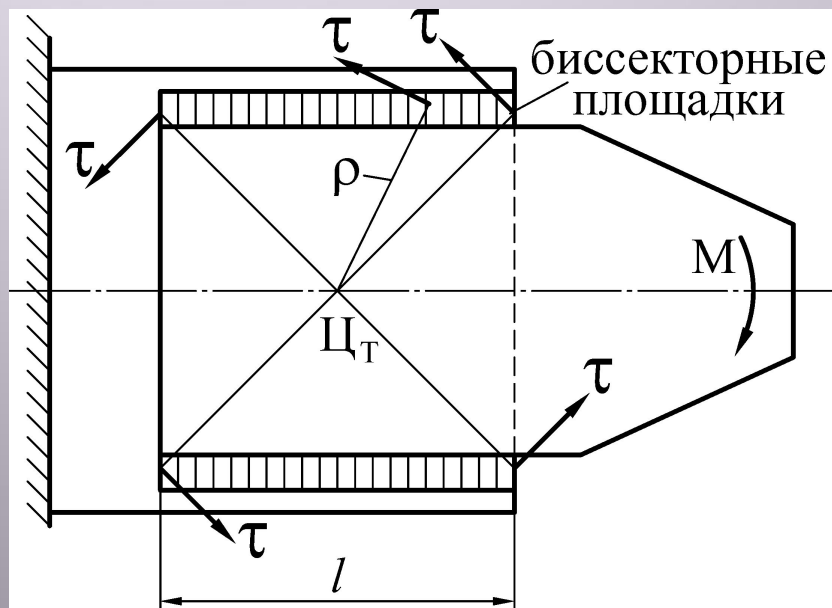
$\tau_B = 0,6\sigma_B$  - предел прочности материала на срез;

$l$  – суммарная длина шва, для фланговых швов

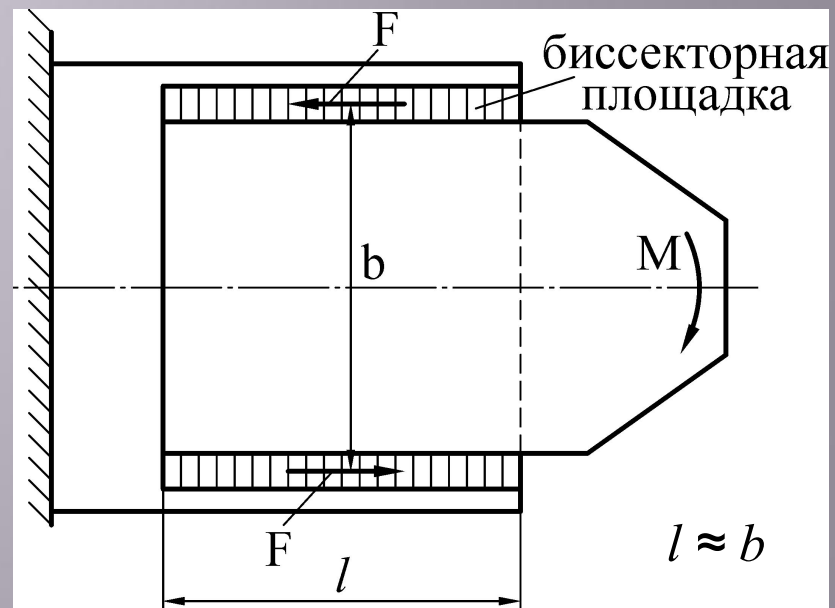
$l = 2l_{\text{фл}}$  , для лобовых –  $l = 2l_{\text{л}}$

# Расчет на прочность соединений внахлестку

Расчет фланговых швов при действии момента в  
плоскости стыка



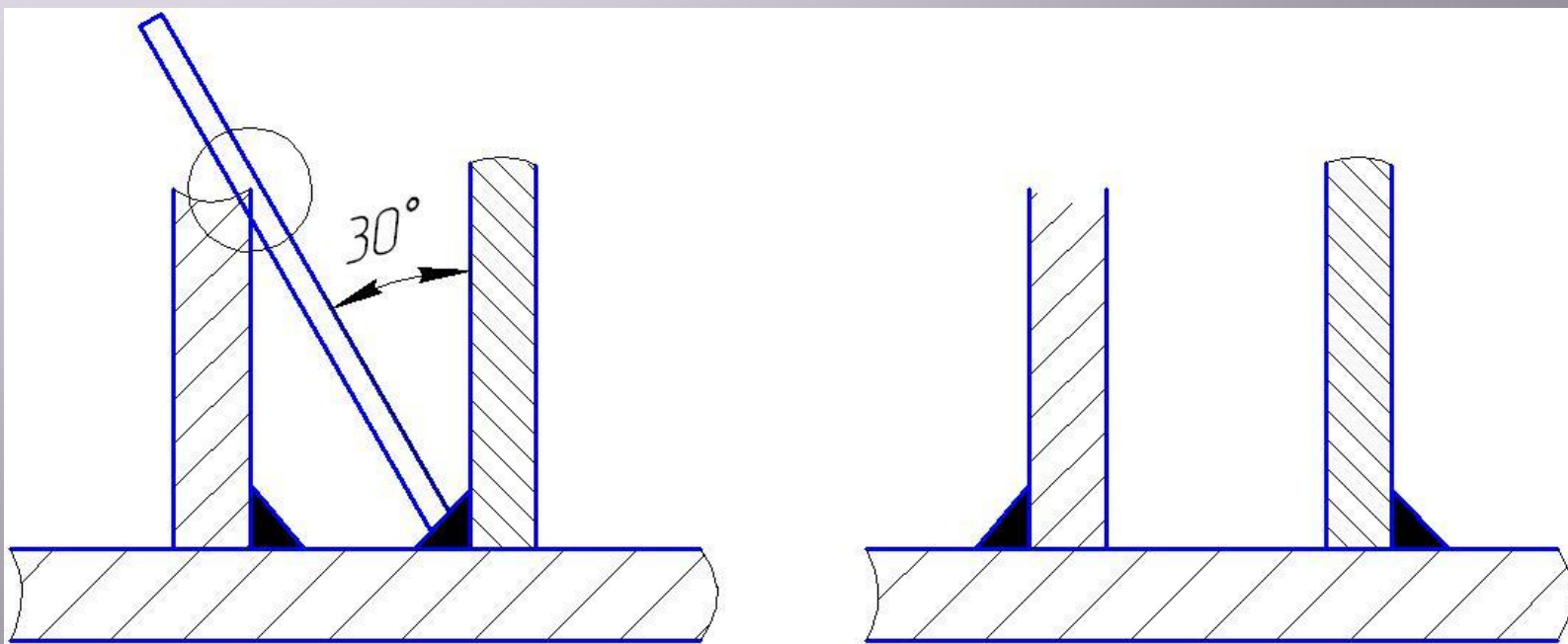
$$\tau = \frac{M\rho}{J_\rho}$$



$$\tau = \frac{M}{0,7klb} \leq \varphi\tau_B$$

# Правила конструирования

Обеспечивать удобный подход электродов к сварному шву.

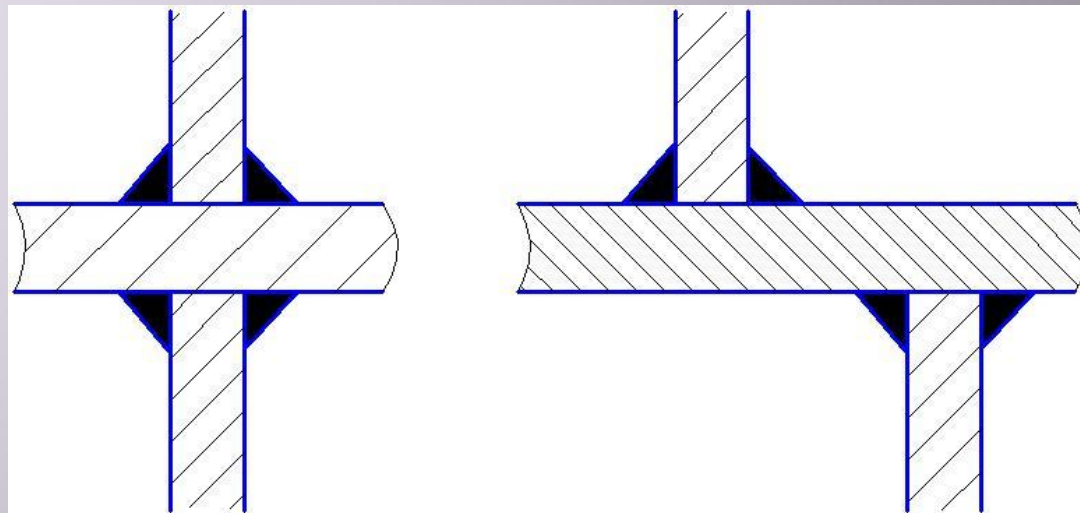


нежелательно

предпочтительно

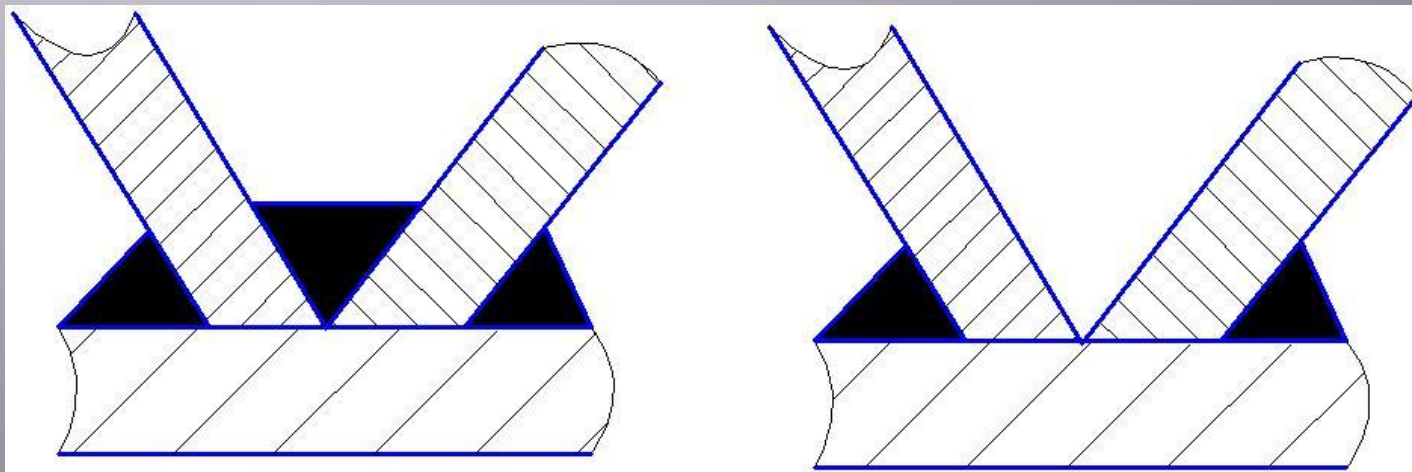
# Правила конструирования

Избегать совмещения швов.



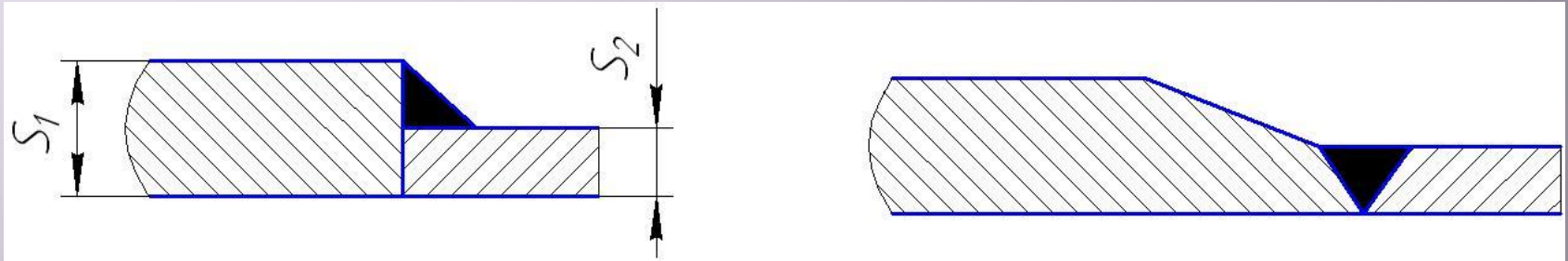
нежелательно

предпочтительно



# Правила конструирования

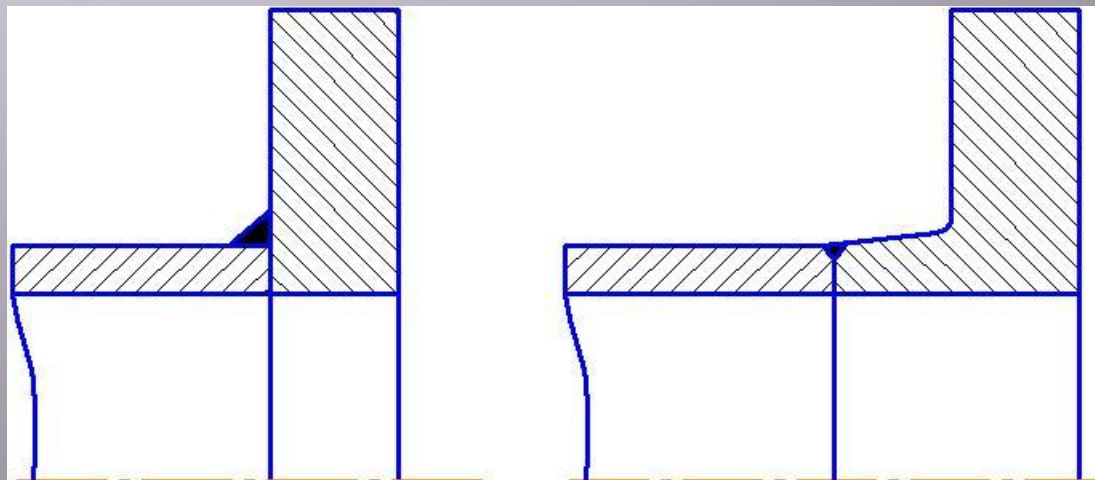
Избегать сварки массивных деталей с  
ТОНКИМИ.



нежелательно

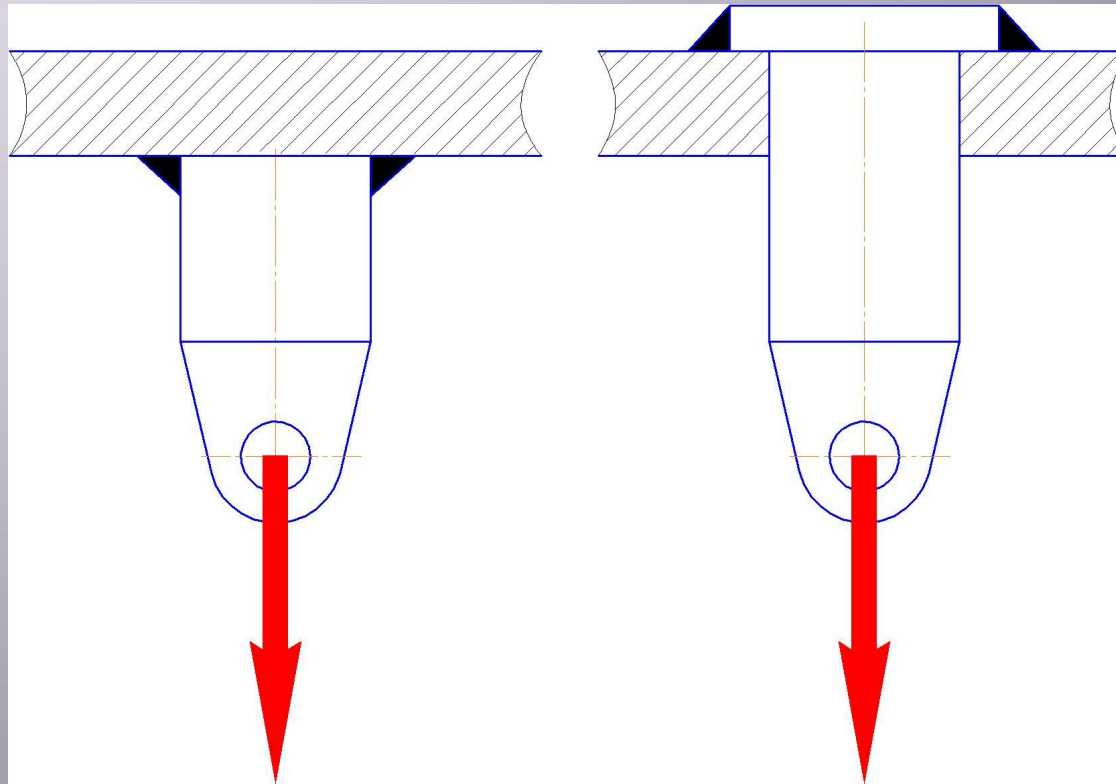
$$S_1/S_2 < 3$$

предпочтительно



# Правила конструирования

Разгружать сварные швы, перенося восприятие нагрузок на участки целого материала.

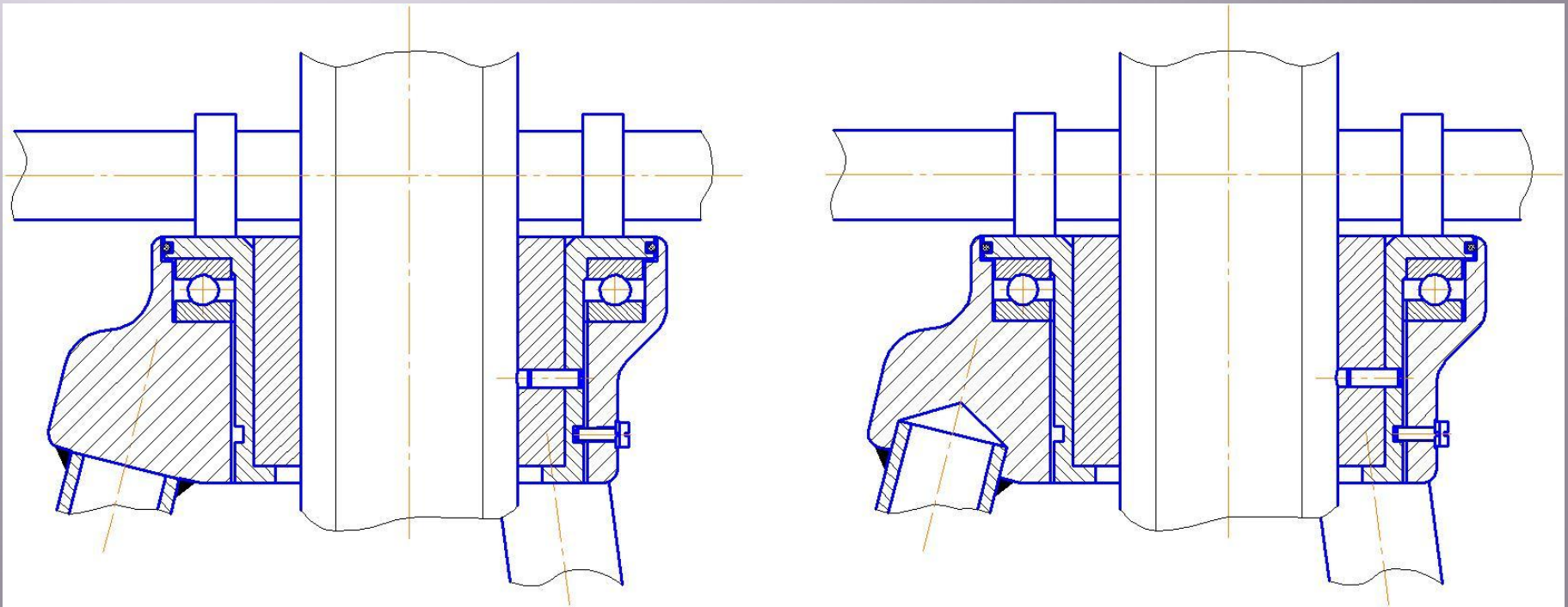


нежелательно

предпочтительно

# Правила конструирования

Предусматривать взаимную фиксацию соединяемых деталей с целью устранения сварочных приспособлений



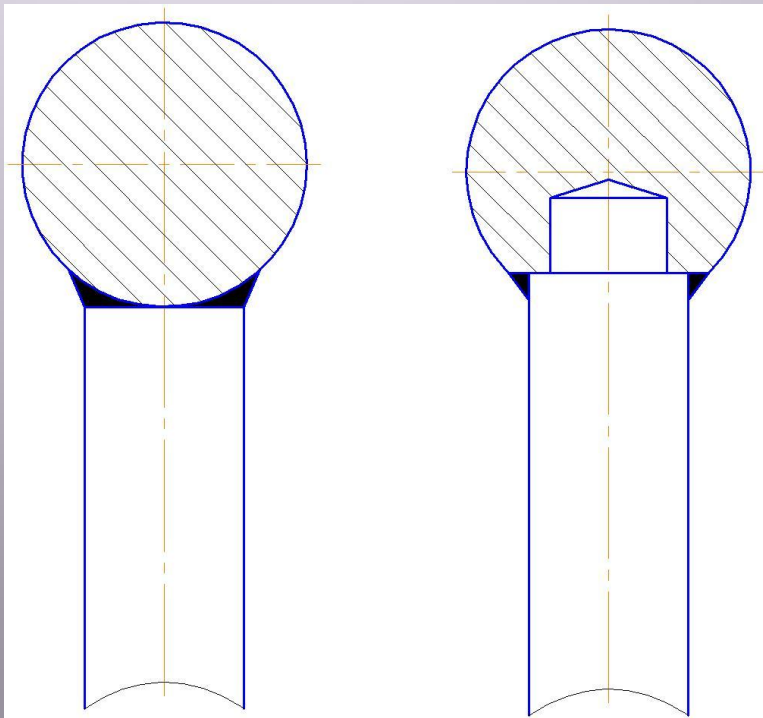
нежелательно

предпочтительно



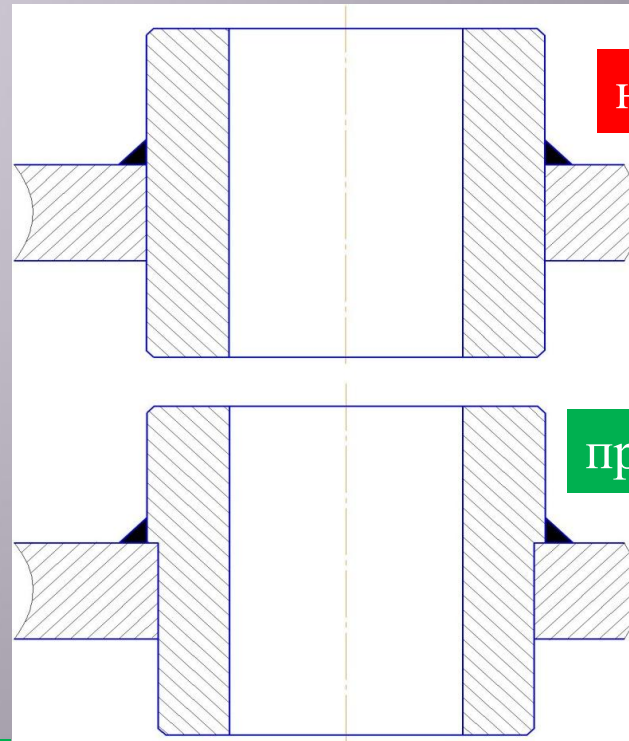
# Правила конструирования

Предусматривать взаимную фиксацию соединяемых деталей с целью устранения сварочных приспособлений



нежелательно

предпочтительно

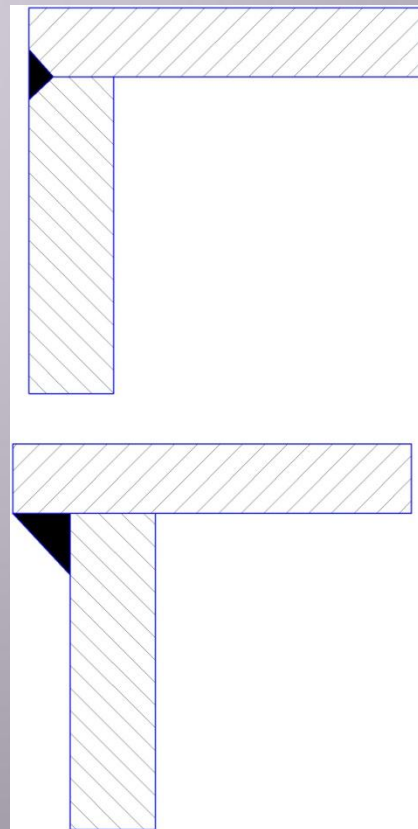
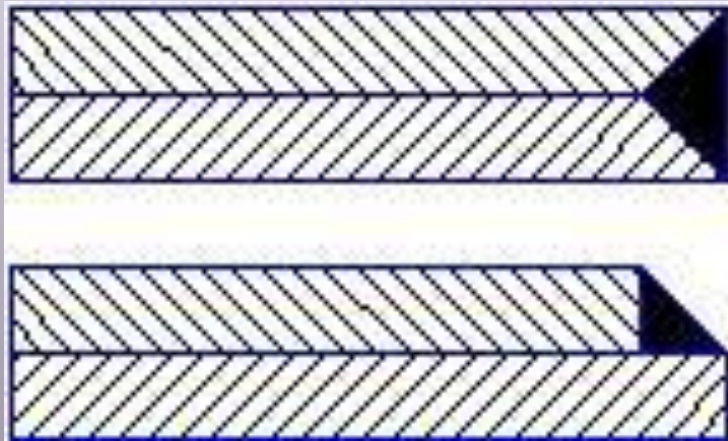


нежелательно

предпочтительно

# Правила конструирования

Избегать трудоёмкой разделки кромок.  
Сварочные ванны образовывать смещением  
свариваемых деталей.

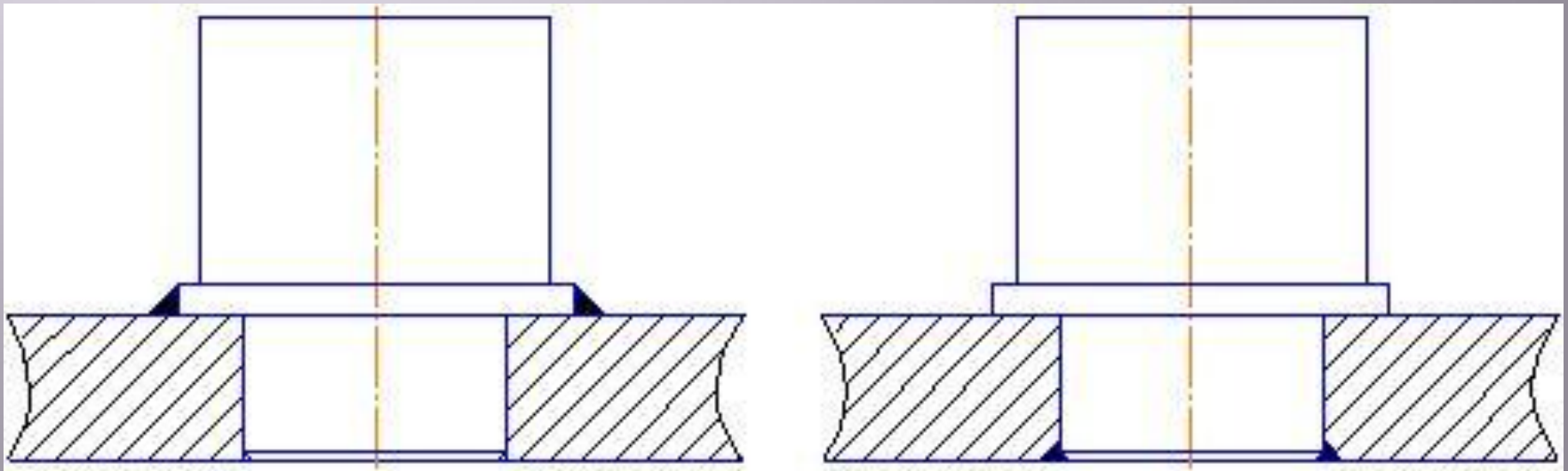


нежелательно

предпочтительно

# Правила конструирования

Отдалять обработанные поверхности от сварочной зоны. Точные поверхности обрабатывать после сварки.



нежелательно

предпочтительно