
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

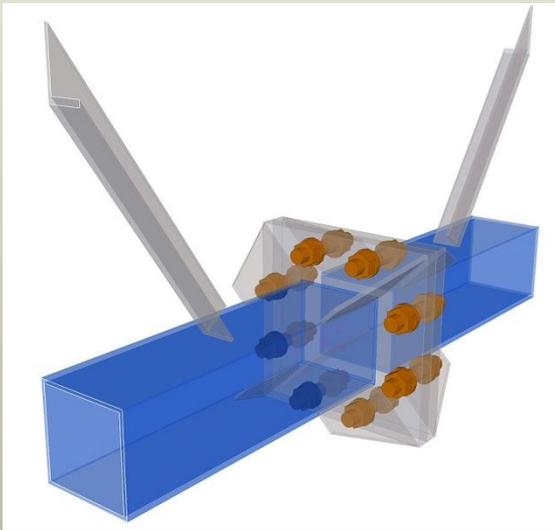
ЧАСТИНА 3

Типи з'єднань металевих конструкцій

болтове

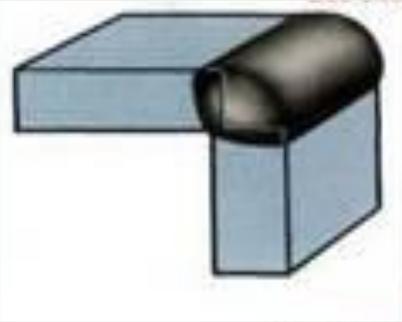
заклепочне

зварне

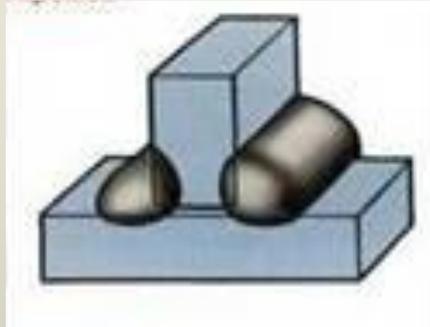


Зварні з'єднання

кутове



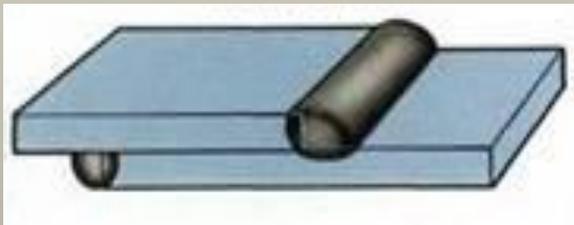
таврове



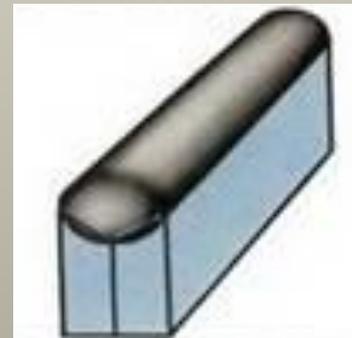
стикове



напусткове



торцеве



Зварні з'єднання. Загальні відомості

Переваги зварних з'єднань:

- а) зниження витрат сталі на 10-20%;
- б) зменшення трудомісткості виготовлення до 20%;
- в) порівняльна простота автоматизації;
- г) можливість створення конструкцій, нездійсненних при інших типах з'єднань.

Недолік зварних з'єднань - чутливість до концентрацій напружень, внаслідок чого при впливі низьких температур і динамічних навантажень можливе їх крихке руйнування.

Типи зварних швів

за конструктивною ознакою

СТИКОВІ

КУТОВІ

прямі

косі (скісні)

лобові

флангові

криволінійні
(косі)

Зварні шви

за способом виготовлення

```
graph TD; A[за способом виготовлення] --> B[заводські]; A --> C[монтажні];
```

заводські

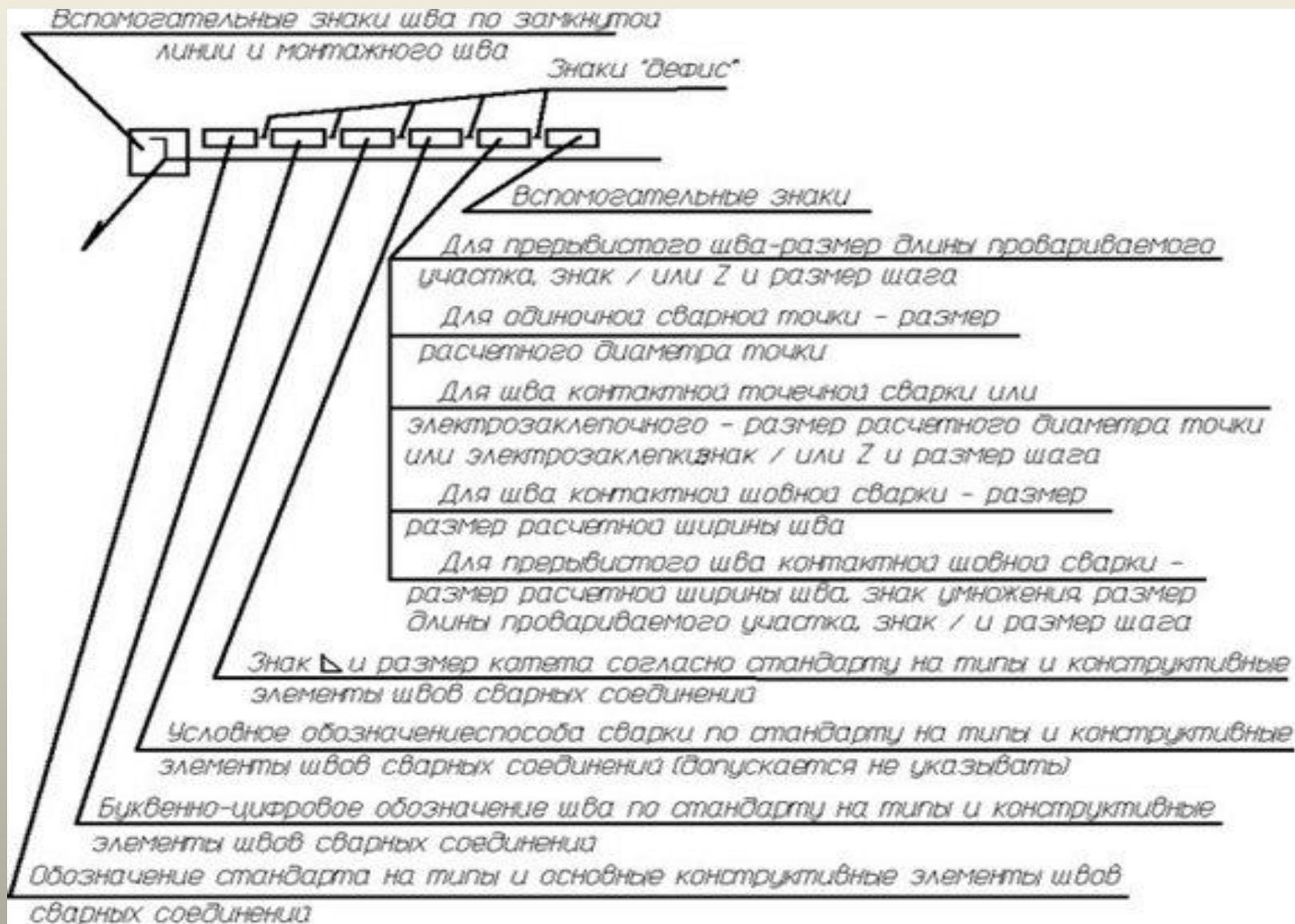
монтажні

Позначення зварних швів

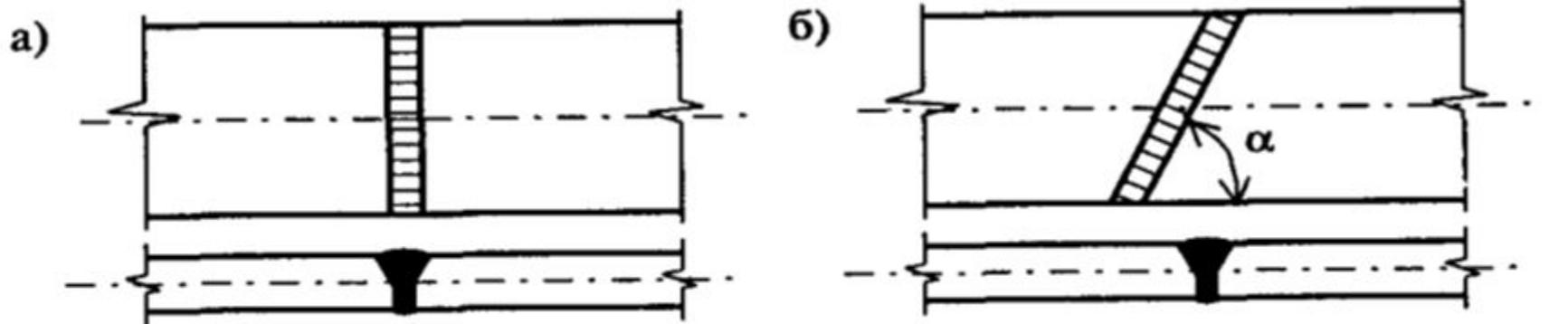
Условное изображение сварных соединений

Наименование	Изображения шва	
	Заводской	Монтажный
Шов сплошной с видимой стороны		XXXXXXXXXXXX
То же с невидимой стороны		XXX XXX XXX
Шов таврового или нахлесточного соединения сплошной с видимой стороны		XXXXXXXXXX
То же с невидимой стороны		XXX XXX XXX

Позначення зварних швів

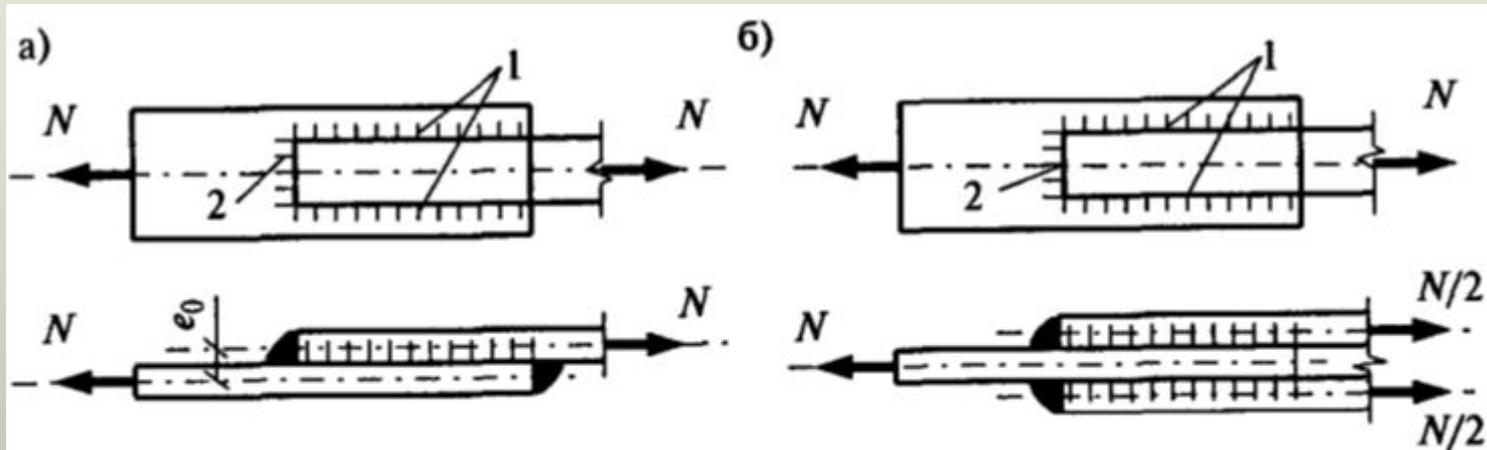


Стыковые соединения



Стыковые сварные соединения: а) прямой стыковой шов;
б) косой стыковой шов, $\alpha = 45-60^\circ$

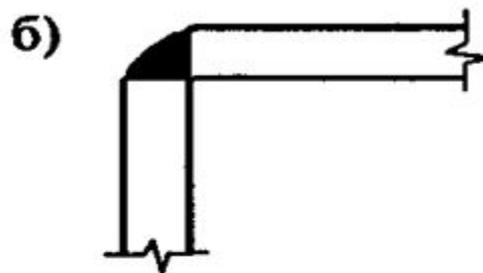
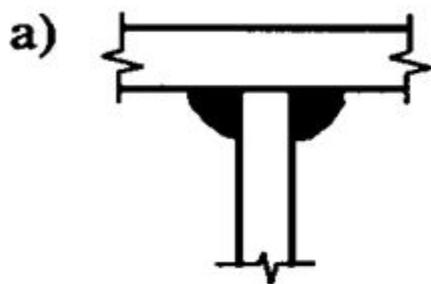
Соединения внахлестку



Соединение внахлестку:

а) несимметричное соединение; б) симметричное соединение;
1 — фланговый угловой шов 2 — фронтальный угловой шов

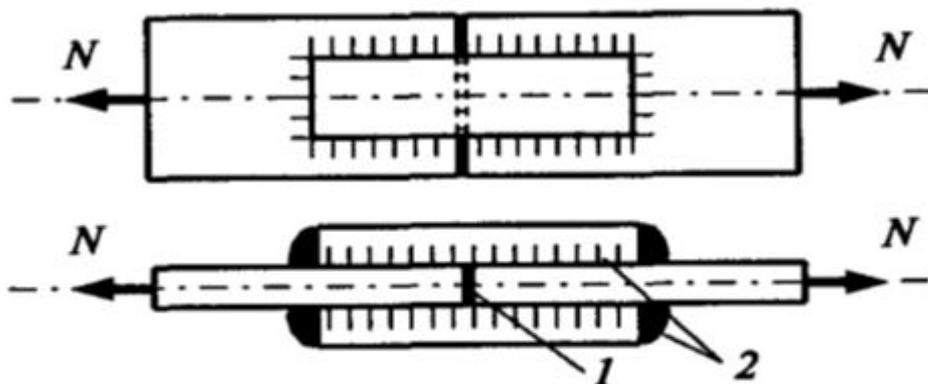
Соединение впритык



Соединение впритык:

а) тавровое соединение; б) угловое соединение

Комбинированное соединение



Комбинированное соединение: 1 — стыковой шов; 2 — угловые швы

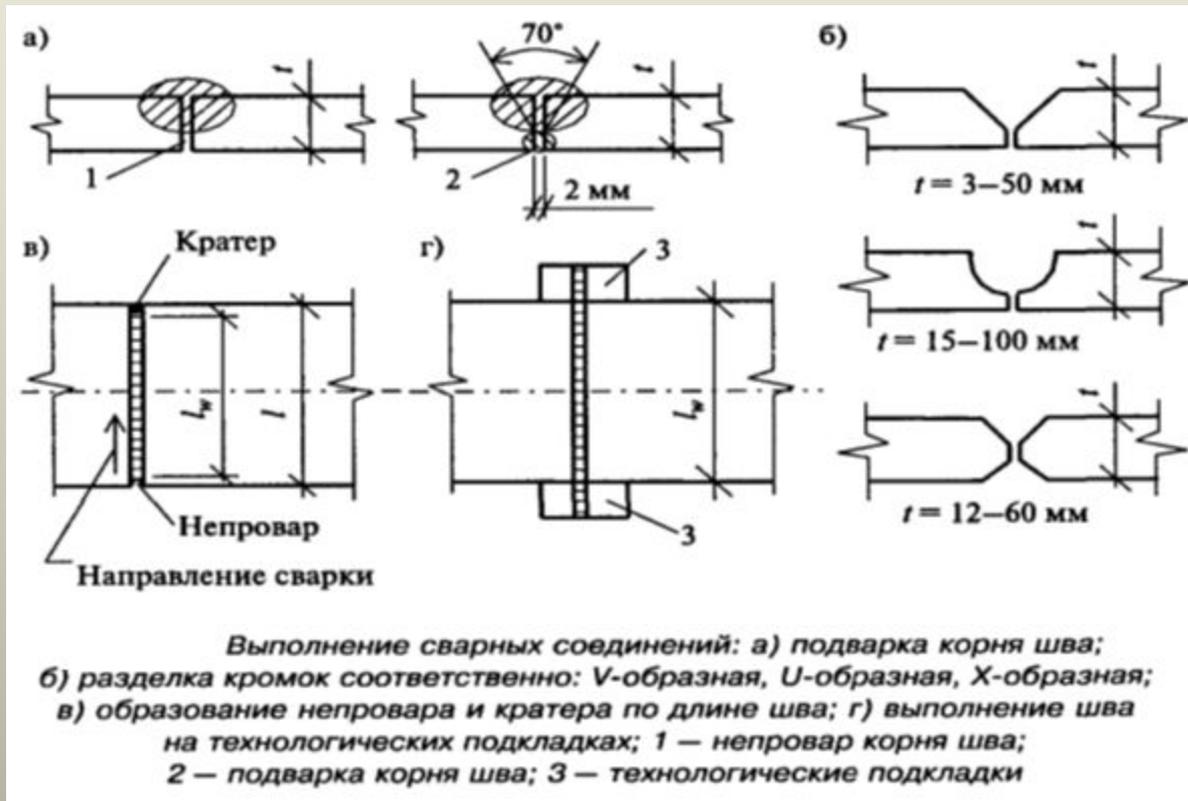
Виды сварных соединений

Для улучшения качества шва при толщинах более 8—10 мм необходимо выполнять **разделку кромок** стыкуемых элементов

При выполнении соединений могут возникать пороки шва: в начале движения электрода — **непровар**, при отрыве электрода — **кратер**.

Наличие некачественных участков шва учитывается в расчетах уменьшением длины шва по сравнению с длиной соединяемых элементов.

Виды сварных соединений

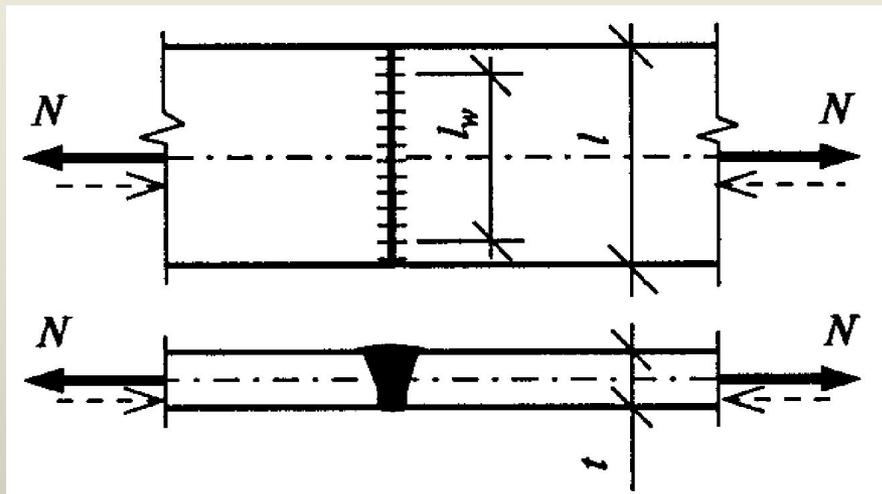


Расчет стыковых швов

- **Стыковые швы** — самые **надежные**, они вызывают наименьшие концентрации напряжений.
- Стыковые швы при сжатии равнопрочны основному металлу, а при растяжении прочность их на 15% меньше.
- Слабое место любого шва — его начало и конец, поэтому расчетную длину шва принимают меньше фактической длины (на непровар в начале и на кратер в конце шва). **В стыковых швах длина шва уменьшается на две толщины соединяемых элементов**

Расчет стыковых швов

- Условие прочности



$$\sigma_w = \frac{N}{tl_w} \leq R_{wy} \gamma_c,$$

где l_w — расчетная длина шва; $l_w = l - 2t$ (рис. 8.6) (при сварке с технологическими планками $l_w = l$);

t — расчетная толщина шва, равная наименьшей толщине соединяемых элементов;

Расчет стыковых швов

R_{wy} — расчетное сопротивление стыкового шва (при работе на растяжение, изгиб; при визуальном контроле качества шва и ручной или полуавтоматической сварке $R_{wy} = 0,85R_y$; в остальных случаях $R_{wy} = R_y$, значение R_y — см. табл. 2.2);

γ_c — коэффициент условий работы.

Применяя для соединения листов косые стыковые швы, тем самым увеличиваем длину шва, и при углах наклона швов $< 67^\circ$

получаем соединение, не уступающее по прочности основному металлу, такие стыковые швы можно не рассчитывать

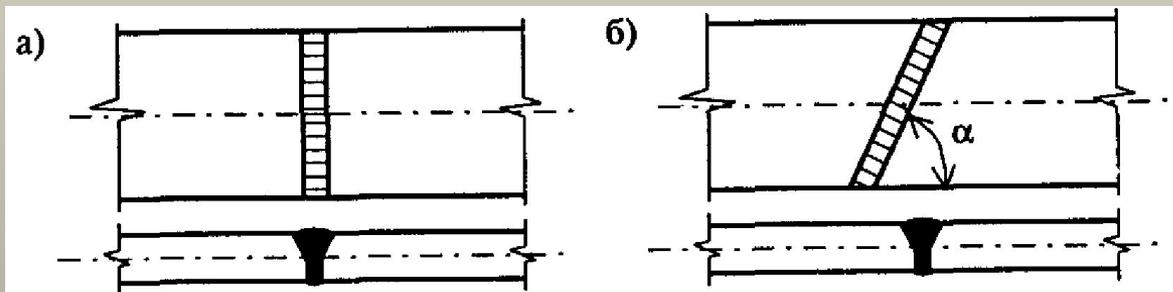
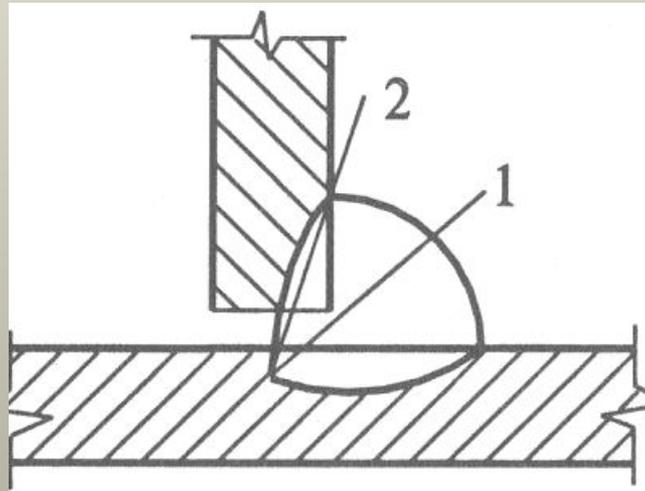


Рис. 8.1. Стыковые сварные соединения: а) прямой стыковой шов; б) косой стыковой шов, $\alpha = 45-60^\circ$

Расчет угловых швов

- Угловые сварные швы рассчитывают по двум сечениям: **по металлу шва** (сечение 1) и
- по **металлу границы сплавления** (сечение 2):



Расчет угловых швов

- а) расчет по металлу шва:
- б) расчет по границе сплавления:

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_\omega} \leq \frac{R_{\omega f} \gamma_{\omega f} \gamma_c}{\gamma_n}$$

$$\frac{N}{\beta_z k_f l_\omega} \leq \frac{R_{\omega z} \gamma_{\omega z} \gamma_c}{\gamma_n}$$

где – $\gamma_{\omega f}$, $\gamma_{\omega z}$ – коэффициенты условий работы шва, равные 1 во всех случаях, кроме конструкций, возводимых в районах Севера;

l_ω — расчетная длина шва, принимаемая меньше его полной длины на 10мм, $l_\omega = l - 10$ мм;

$R_{\omega f}$ — расчетное сопротивление углового шва, при расчете по металлу шва, принимается по таб.56 СНиП II-23-81*;

$R_{\omega z}$ — расчетное сопротивление углового шва при расчете границе сплавления, определяется по формуле $R_{\omega z} = 0,45 R_{un}$.

k_f - высота катета шва, минимальные катеты швов назначаются по таб. 38*СНиП II-23-81*.

Конструктивные требования, предъявляемые к сварным швам

- Для предупреждения возможности хрупкого разрушения **необходимо**:
- а) **предпочитать стали спокойных плавок**, марку стали и материалы для сварки выбирать строго в зависимости от условий работы конструкции;
- б) **стремиться к снижению концентраций напряжений**, сварочных напряжений и деформаций;
- в) **избегать сварки при низких температурах**.

Конструктивные требования, предъявляемые к сварным швам

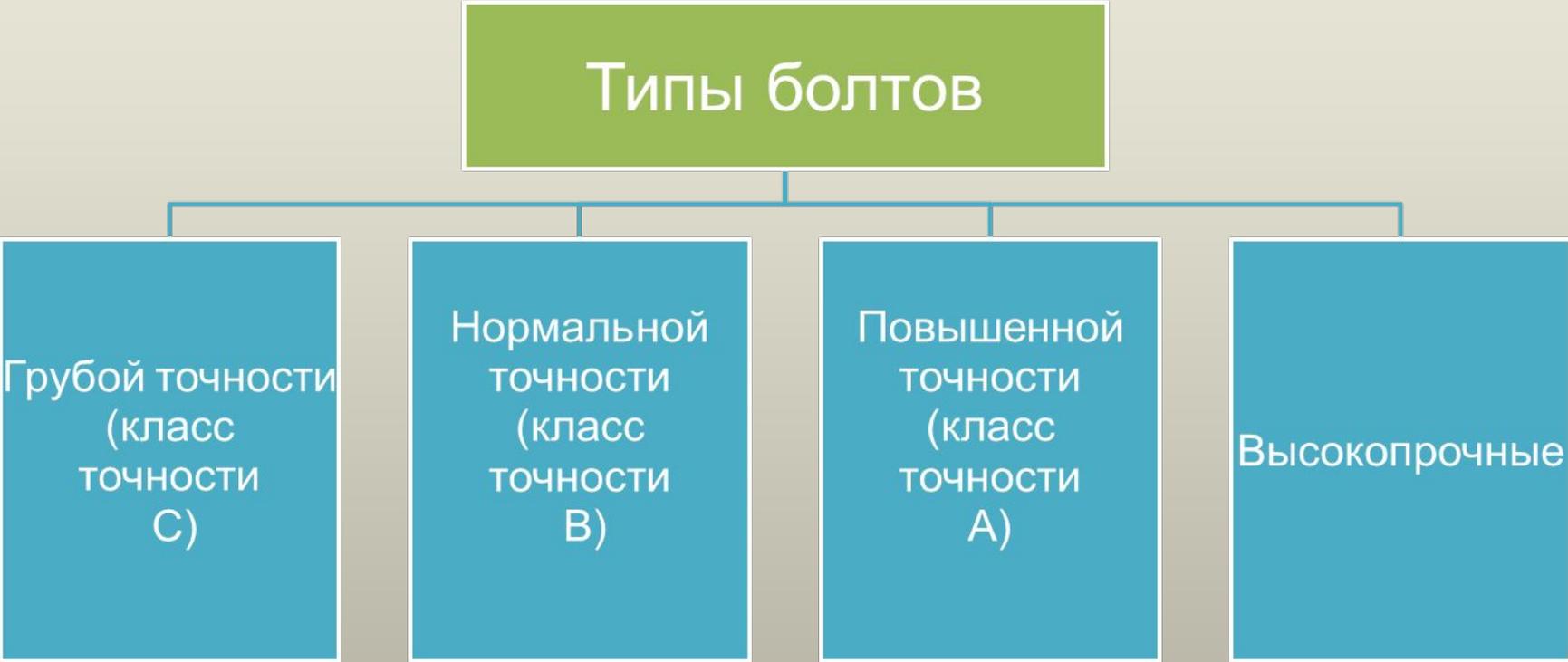
- Для уменьшения концентрации напряжений **необходимо:**
 - а) **избегать пересечений швов** и скоплений их в одном месте;
 - б) принимать **число и размеры** сварных швов **минимально** необходимыми;
 - в) **предпочитать** угловым швам **стыковые** (с подваркой корня);
 - г) **избегать** резких геометрических **концентраторов напряжений** (острых и прямых входящих углов, надрезов, щелей, резких изменений сечений и т. п.);
 - д) переходы от одной толщины (ширины) к другой устраивать **плавными**;

Соединения на болтах и заклепках

- **Достоинства** болтовых соединений:
 - их использование значительно проще, так как не требуется сварочное оборудование.
- **недостатки** болтовых соединений:
 - а) сравнению со сварными соединениями более металлоемки;
 - б) отверстия для болтов ослабляют сечения соединяемых элементов

Соединения на болтах и заклепках

Типы болтов



```
graph TD; A[Типы болтов] --> B[Грубой точности (класс точности С)]; A --> C[Нормальной точности (класс точности В)]; A --> D[Повышенной точности (класс точности А)]; A --> E[Высокопрочные];
```

Грубой точности
(класс
точности
С)

Нормальной
точности
(класс
точности
В)

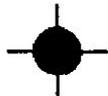
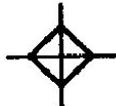
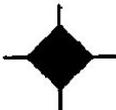
Повышенной
точности
(класс
точности
А)

Высокопрочные

Соединения на болтах и заклепках

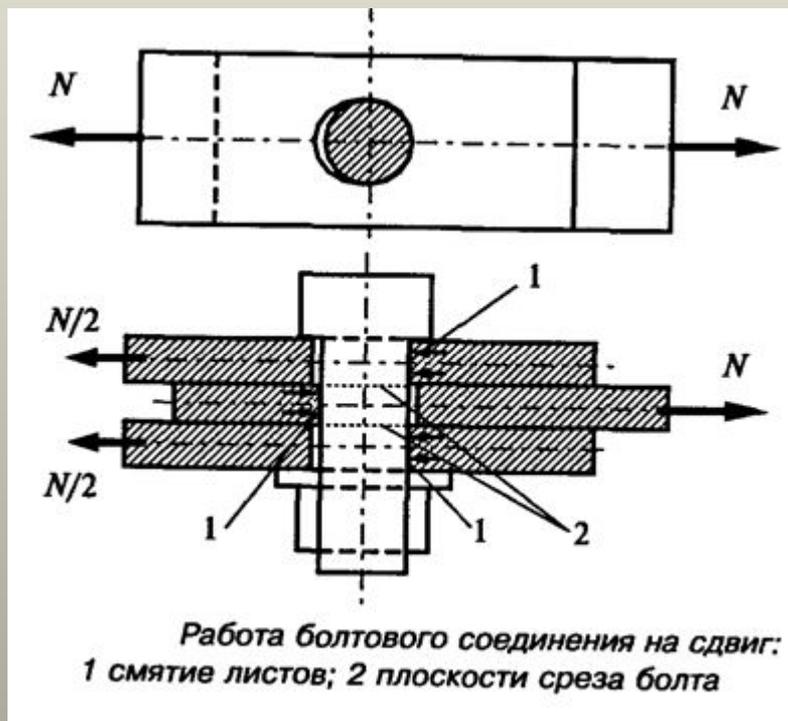
- Болты грубой и нормальной точности используются трех диаметров — 16, 20, 24мм и двух классов прочности— 5.8 и 5.6 (первое число, умноженное на 100, определяет минимальное временное сопротивление, МПа; произведение чисел, умноженное на 10, равно пределу текучести, МПа).

Условные обозначения отверстий и болтов

Вид отверстия	Обозначение	Виды болтов	Обозначение
Круглое		Постоянные болты в заводских и монтажных соединениях	
Овальное		Временные болты в монтажных соединениях	
		Высокопрочные болты	

Соединения на болтах и заклепках

- Основной вид работы болтовых (заклепочных) соединений — **работа на сдвиг**
- **Разрушение** соединения может быть от:
 - 1) перерезывания болтов по плоскости среза
 - 2) смятия поверхностей отверстий сопрягаемых элементов



Соединения на болтах и заклепках

- Расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом, определяют по формулам

$$\begin{aligned} \text{на срез } N_b &= R_{bs} \gamma_b A n_s; \\ \text{на смятие } N_b &= R_{bp} \gamma_b d \Sigma t; \\ \text{на растяжение } N_b &= R_{bt} A_{bn}. \end{aligned}$$

R_{bs} , R_{bp} , R_{bt} — расчетные сопротивления болтовых соединений (см. табл. 58*, 59* СНиП II-23-81*);

d — наружный диаметр стержня болта;

$A = \pi d^2 / 4$ — расчетная площадь сечения стержня болта;

A_{bn} — площадь сечения болта нетто (см. табл. 62* СНиП II-23-81*);

Σt — наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;

n_s — число расчетных срезов одного болта;

γ_b — коэффициент условий работы соединения, который следует принимать по табл. 8.3.

Соединения на болтах и заклепках

**Коэффициенты условий работы болтовых соединений
(табл. 35* СНиП II-23-81*)**

Характеристика соединения	Коэффициент условий работы соединения γ_b
1. Многоболтовое в расчетах на срез и смятие при болтах: класса точности А класса точности В и С, высокопрочных с нерегулируемым натяжением	1,0
	0,9
2. Одноболтовое и многоболтовое в расчете на смятие при $a = 1,5d$ и $b = 2d$ в элементах конструкций из стали с пределом текучести, МПа: до 285 св. 285 до 380	0,8
	0,75

Соединения на болтах и заклепках

Количество n болтов в соединении при действии продольной силы N следует определять по формуле

$$n \geq \frac{N}{\gamma_c N_{min}},$$

где N_{min} — меньшее из значений расчетного усилия для одного болта, взятое из условий прочности на срез или смятие (на растяжение для растянутых болтов).

Соединения на болтах и заклепках

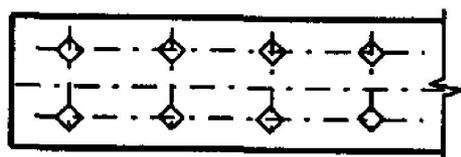
Расстояние между центрами болтов в любом направлении:

- минимальное $2,5d$ (для соединяемых элементов из стали с пределом текучести выше 380 МПа — $3d$);
- максимальное $8d$ или $12t$.

Расстояние от центра болта до края элемента:

- минимальное вдоль усилия $2d$;
- минимальное поперек усилия, при обрезанных кромках листов $1,5d$, прокатных кромках $1,2d$;
- максимальное $4d$ или $8t$.

а)



б)

