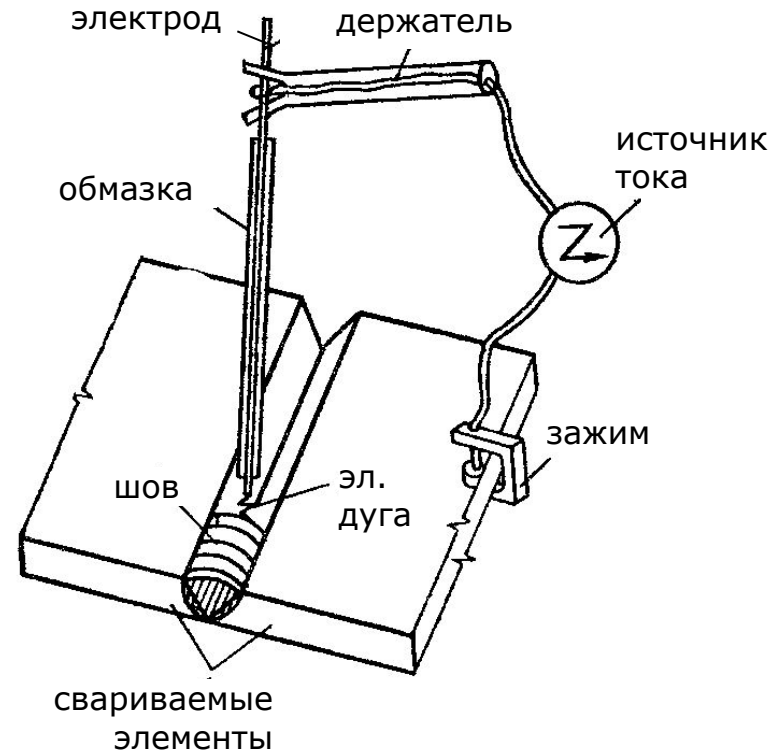


**СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

# Электродуговая сварка

**Электродуговая сварка** основана на возникновении электрической дуги между электродом и свариваемыми деталями.

Дуга создаёт температуру более **1500°C**, что приводит к расплавлению основного металла и металла электрода. В результате в зоне контакта образуется сварной шов.



## Назначение обмазки электрода

При плавлении электрода обмазка создаёт шлаки и газы, защищающие шов от окисления и быстрого охлаждения, улучшающие механические свойства шва и стабилизирующие горение дуги.

# Виды электродуговой сварки

## Ручная

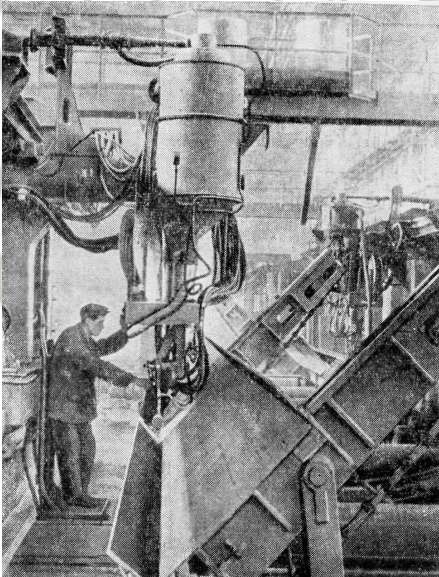
- Наименее качественная;
- Осуществляется электродами с обмазкой;
- Используется для *монтажных* швов.

## Автоматическая

- Наиболее качественная;
- Осуществляется сварочной проволокой без обмазки, защита шва осуществляется слоем сыпучего материала – **флюса** (гранулированного шлака);
- Применяется для *заводских* швов большой длины.

## Полуавтоматическая


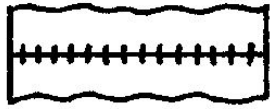
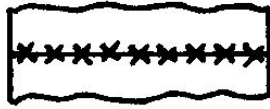



- Подача сварочной проволоки осуществляется автоматически, а перемещение аппарата вдоль шва – вручную;
- Применяется при малой длине шва, а также в местах, недоступных для автоматического сварочного аппарата.



# Виды сварных швов

Выполняются на заводе-изготовителе

Выполняются на строительной площадке

	Заводские швы	Монтажные швы
<b>Стыковые швы</b> 		
<b>Угловые швы</b> 		

Торцы деталей приставляют один к другому встык и сваривают

Шов наплавляется в угол, образуемый свариваемыми элементами

Условные обозначения

# Виды сварных соединений

**Стыковое**



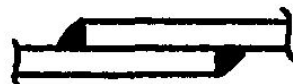
**Угловое**



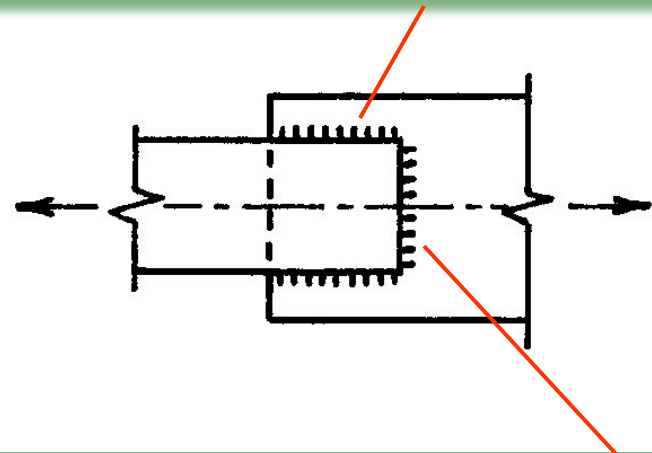
**Тавровое**



**Нахлесточное**



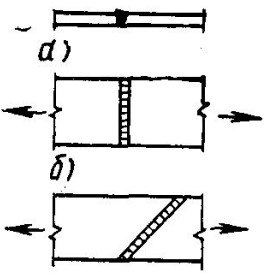
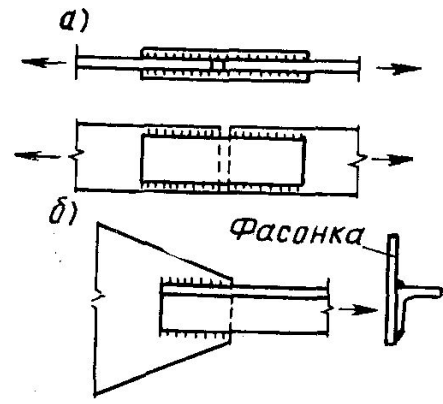
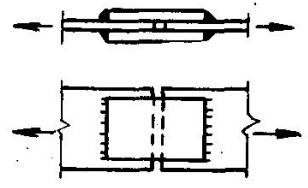
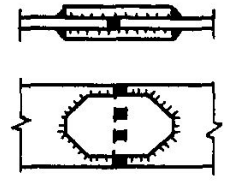

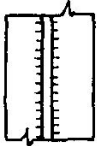
**Фланговые швы** расположены параллельно действующему усилию



**Лобовые швы** расположены перпендикулярно действующему усилию

# Виды сварных соединений

Вид сварных соединений

Стыковые швы	Соединение внахлестку		Комбинированные швы (фланговый, лобовой, стыковой)	Угловые швы впритык	
	фланговые швы	лобовые швы		в тавр	в угол
 <p>а) б)</p>	 <p>а) б) Фасонка</p>				

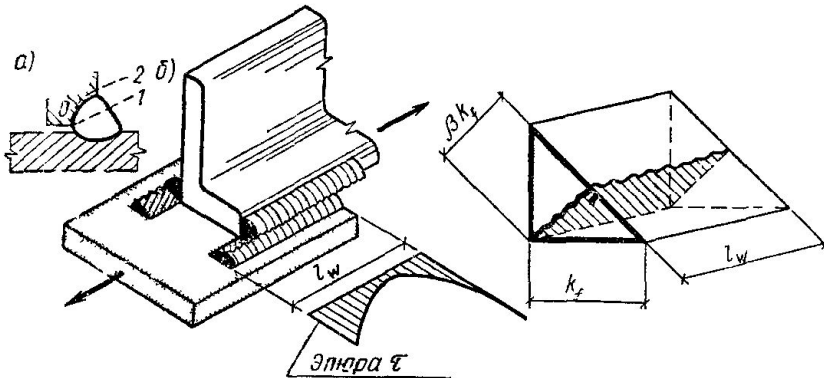
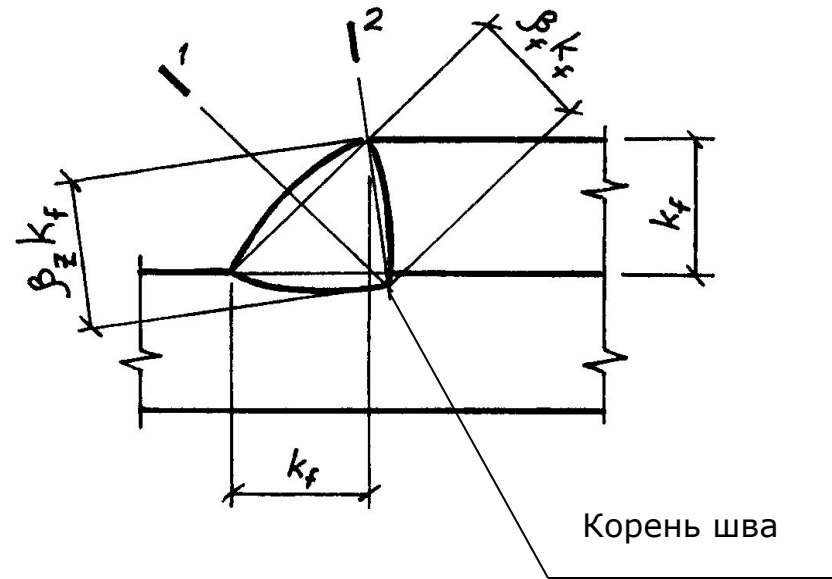
# Расчёт угловых швов

Угловые швы рассчитываются **на срез**.

Предполагается, что разрушение шва может произойти по одному из двух сечений:

**1 – по металлу шва;**

**2 – по металлу границы сплавления сварного шва с основным металлом.**



$k_f$  - катет шва;

$\beta_f$   $\beta_z$  - коэффициенты глубины проплавления шва;

при ручной сварке  $\beta_f = 0,7$ ;  $\beta_z = 1,0$   
(табл. 34\* СНиП II-23-81\*).

# Расчёт угловых швов

Условия расчёта:

**1 – по металлу шва:**

$$\tau_f = \frac{N}{A_f} = \frac{N}{n\beta_f k_f l_w} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c;$$

**2 – по металлу границы сплавления:**

$$\tau_z = \frac{N}{A_z} = \frac{N}{n\beta_z k_f l_w} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c;$$

$n$  – число швов;

$R_{wf}$ ,  $R_{wz}$  – расчётные сопротивления;  $R_{wf}$  – по табл. 56 СНиП;  $R_{wz} = 0,45 R_{un}$ ;

$\gamma_{wf}$ ,  $\gamma_{wz}$  – коэффициенты условий работы сварного соединения при низких температурах (обычно равны 1,00);

$l_w$  – расчётная длина шва, принимается меньше фактической на 1 см из-за снижения качества сварки на концах шва.



# Выбор типа электродов

Прочность шва должна  
несколько превышать  
прочность основного металла

Фрагмент табл. 55\* и 56 СНиП II-23-81\*

Марка стали	Тип электрода	Расчётное сопротивление металла шва $R_{wf}$ МПа
C245 C255 C275	Э42	180
C345 <u>C375</u>	Э <u>50</u>	215

Нормативное сопротивление **375 МПа (38 кг/мм<sup>2</sup>)**

Нормативное сопротивление **490 МПа (50 кг/мм<sup>2</sup>)**

# Конструктивные требования к угловым швам

**Минимальная расчётная длина шва:**

$$l_w \leq 4k_f; \quad l_w \geq 40 \text{ мм}$$

**Максимальная расчётная длина фланговых швов:**

$$l_w \leq 85\beta_f k_f$$

(так как усилия по длине фланговых швов распределены неравномерно)

**Минимальный катет шва  $k_{f,\min}$**

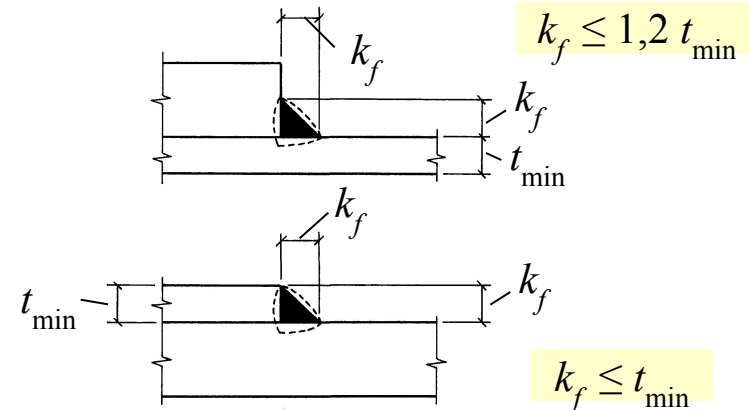
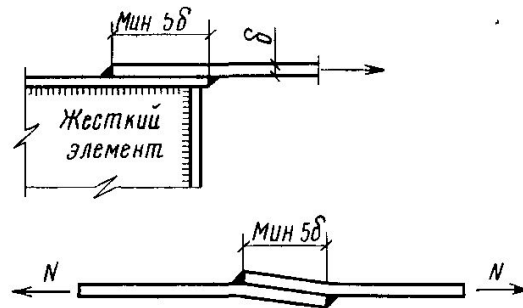
определяется по табл. 38\* СНиП в зависимости от наибольшей толщины соединяемых элементов  $t_{\max}$

**Максимальный катет шва:**

$$k_{f,\max} = 1,2 t_{\min}$$

$t_{\min}$  – наименьшая из толщин соединяемых элементов

Из двух швов с одинаковой несущей способностью более экономичным является шов с меньшим катетом и большей длиной.



# Расчёт стыковых швов

Если для сварки выбраны электроды в соответствии с требованиями СНиП, то стыковые швы принимаются:

- **при сжатии** – равнопрочными основному металлу (расчётное сопротивление шва  $R_{wy} = R_y$ ) и не рассчитываются;
- **при растяжении** – имеющими прочность, на 15% меньшую прочности основного металла ( $R_{wy} = 0,85 R_y$ ).

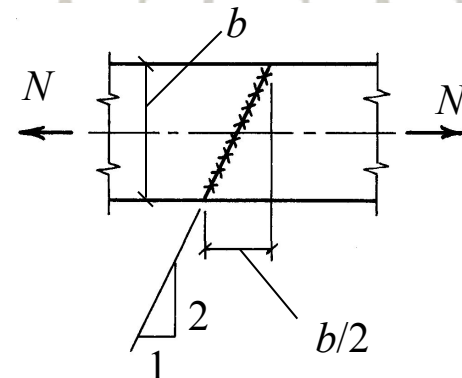
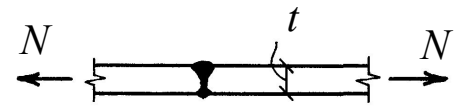
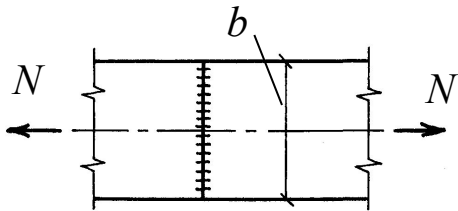
Условие расчёта:

$$\sigma = \frac{N}{A_w} = \frac{N}{l_w t} \leq R_{wy} \gamma_c;$$

$l_w$  – расчётная длина шва; при выводе концов шва на технологические планки  $l_w = b$ , иначе  $l_w = b - 2t$ .

**Швы можно не рассчитывать, если**

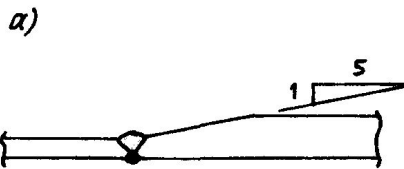
- осуществляется контроль их качества физическими методами (например, ультразвуковым) – для **заводских** швов;
- шов выполняется с уклоном не менее 2:1, что увеличивает его расчётную длину – для **монтажных** швов.



# Конструктивные требования к стыковым швам

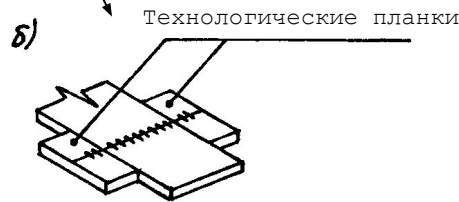
**Вывод концов шва на технологические планки**

(для заводских швов)



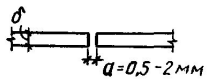
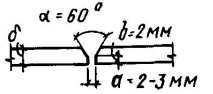
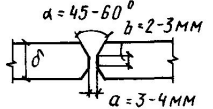
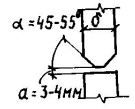
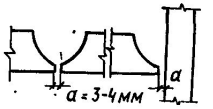
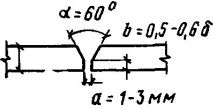
**Подварка корня шва**

(для монтажных швов)

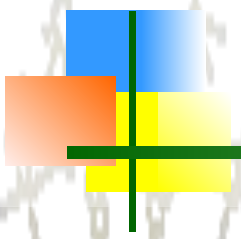


**Обработка кромок шва**

Классификация швов по типу обработки кромок

Наименование шва по типу обработки кромок	Эскиз обработки кромок	Применяется при толщине $\delta$ в мм
Без обработки		До 8—10
V-образный		10—20
X-образный		Больше 20
K-образный		То же
U-образный		»
V-образный при автоматической сварке!		Больше 16

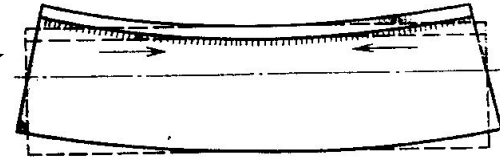
Обозначения:  $a$  — зазор;  $b$  — притупление;  $\alpha$  — угол раскрытия шва.



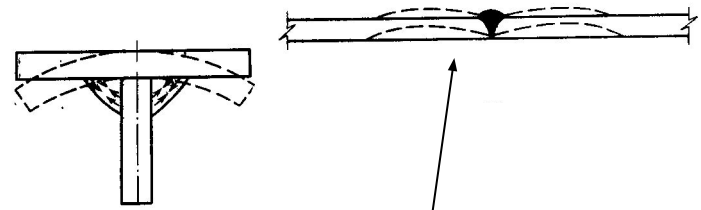
# Сварочные деформации

## Продольная усадка угловых швов

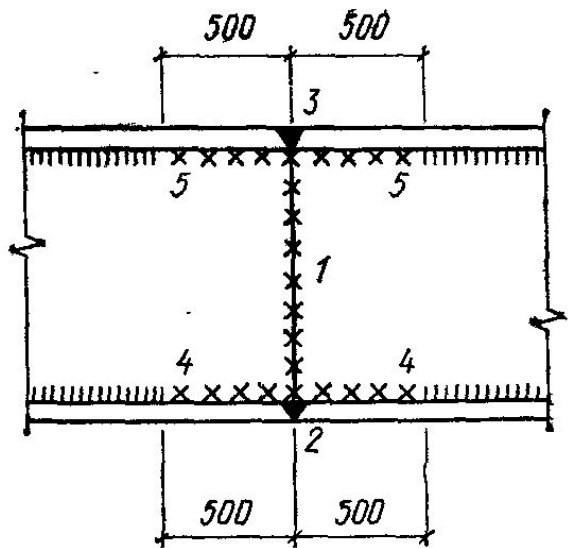
(или почему невозможно изготовить сварной профиль таврового сечения)



## Поперечная усадка угловых швов



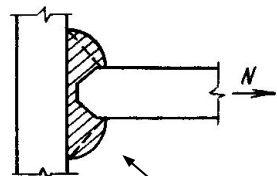
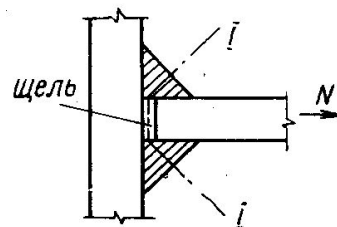
## Поперечная усадка стыковых швов



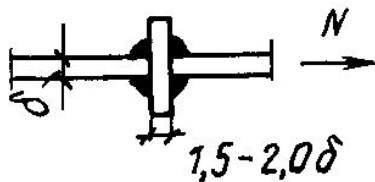
## Последовательность сварки монтажного стыка

# Дефекты сварных швов

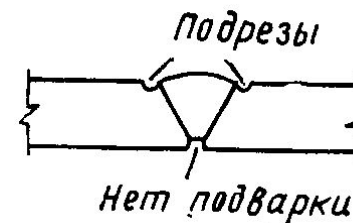
Снижение прочности угловых швов из-за необработанной кромки соединяемых элементов



Обработка кромок



Дефекты стыковых швов



Применение растянутого стыка через поперечную прокладку не рекомендуется

(в сжатых стыках это возможно)