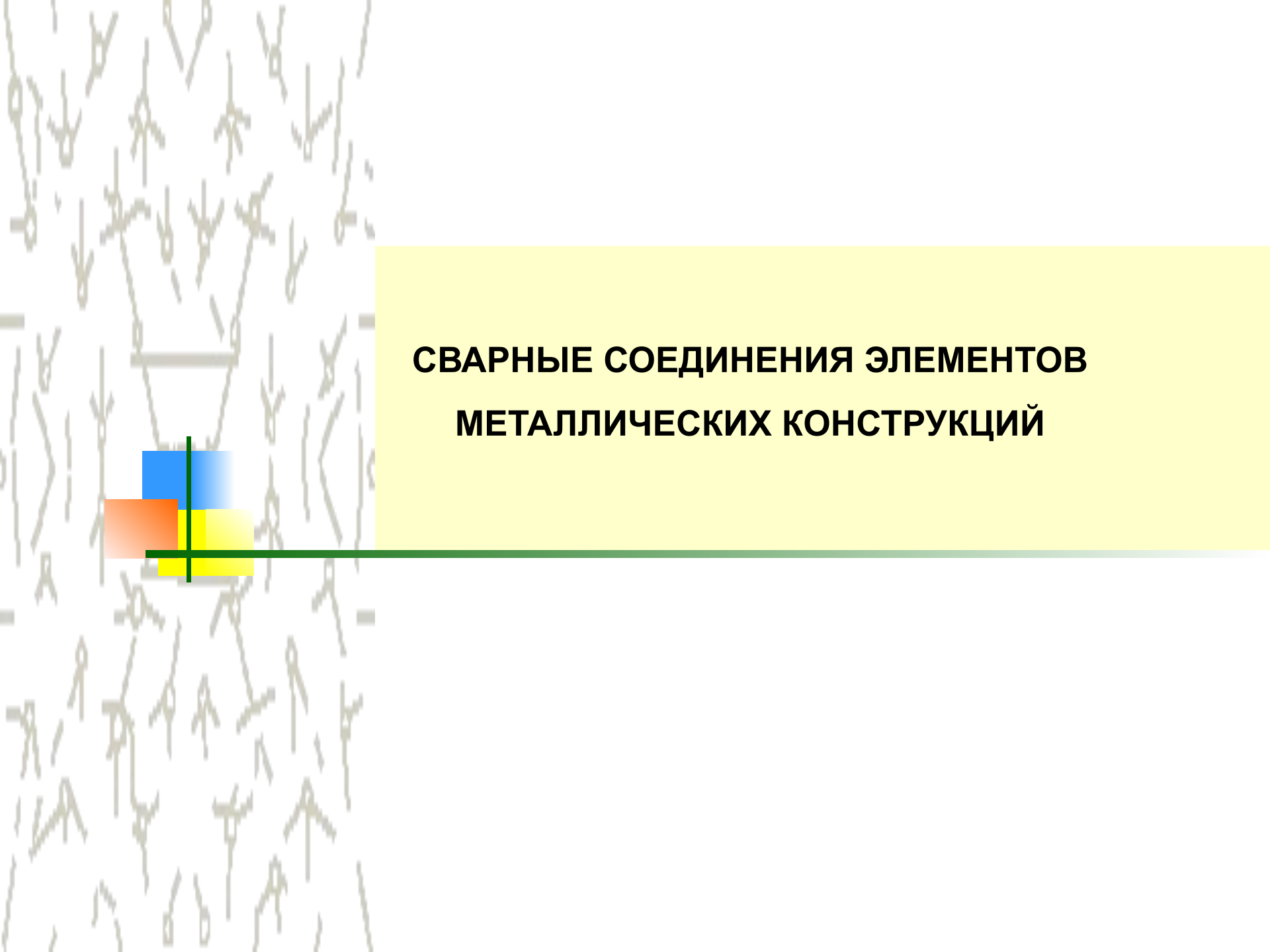


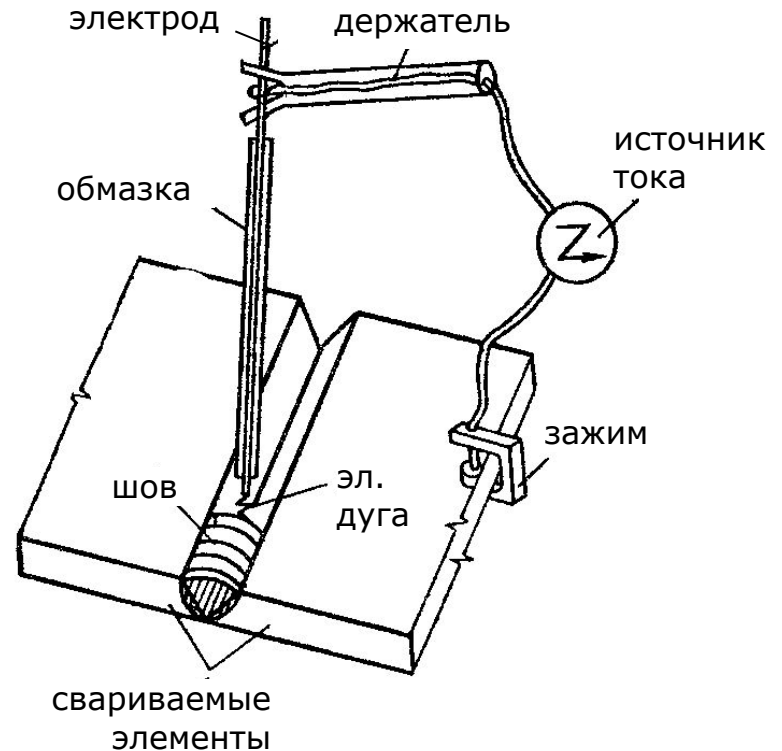


СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

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

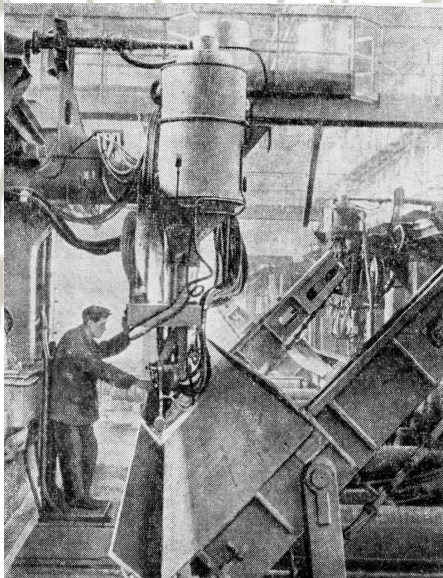
- Наименее качественная;
- Осуществляется электродами с обмазкой;
- Используется для *монтажных* швов.

Автоматическая

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

Полуавтоматическая

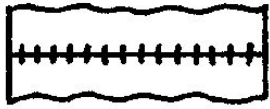
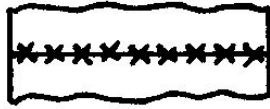
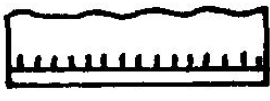
- Подача сварочной проволоки осуществляется автоматически, а перемещение аппарата вдоль шва – вручную;
- Применяется при малой длине шва, а также в местах, недоступных для автоматического сварочного аппарата.



Виды сварных швов

Выполняются на
заводе-
изготовителе

Выполняются на
строительной
площадке

	Заводские швы	Монтажные швы
Стыковые швы 		
Угловые швы 		

Торцы деталей приставляют
один к другому встык и
сваривают

Шов наплавляется в угол,
образуемый свариваемыми
элементами

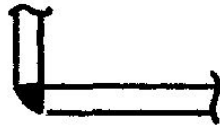
Условные обозначения

Виды сварных соединений

Стыковое



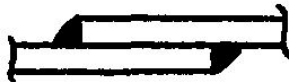
Угловое



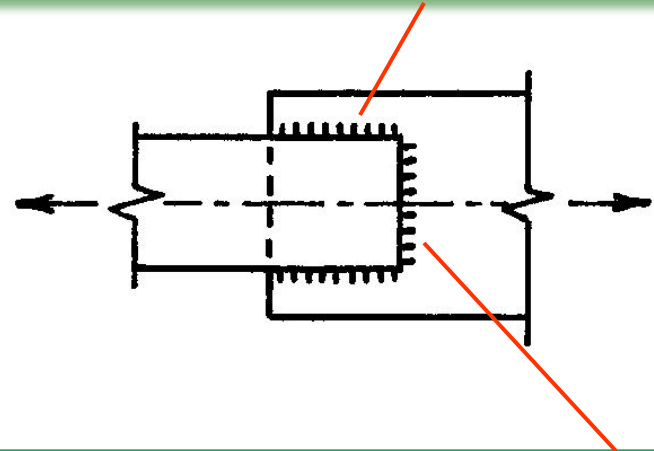
Тавровое



Нахлесточное



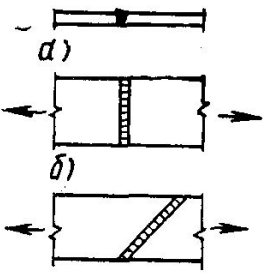
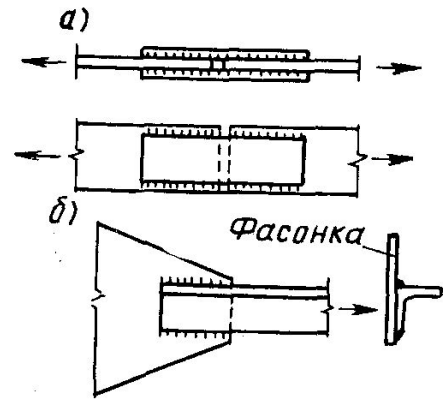
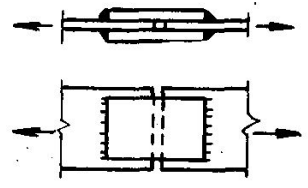
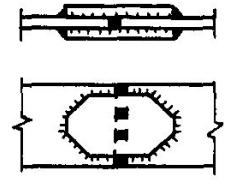
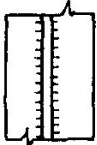
Фланговые швы расположены параллельно действующему усилию



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
 а) б) в)	 а) б) в) Фасонка	 а) б)	 а) б)	 	 

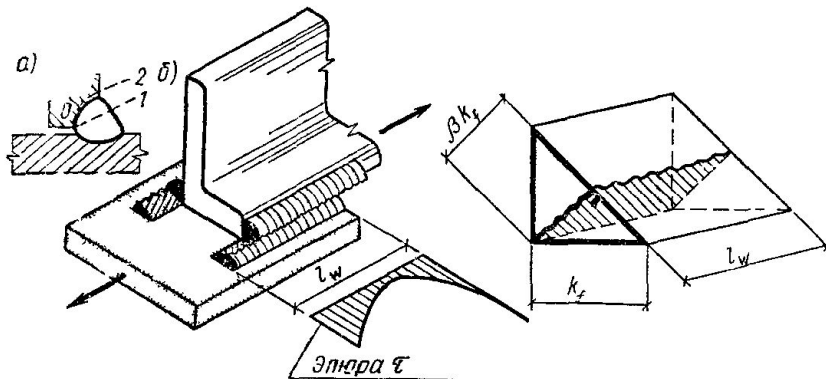
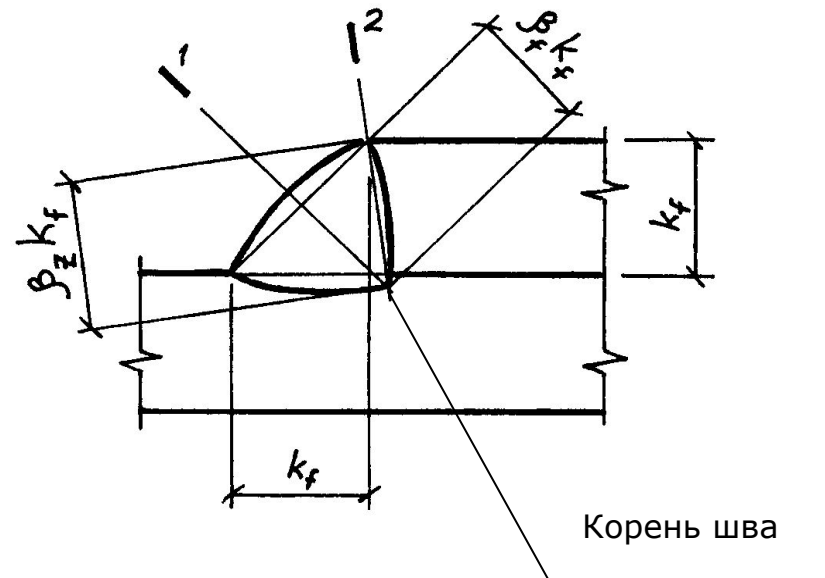
Расчёт угловых швов

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;

β_f, β_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}**;

Y_{wf}, Y_{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/мм²)**

Нормативное сопротивление **490 МПа (50 кг/мм²)**

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 $k_{f,\min}$

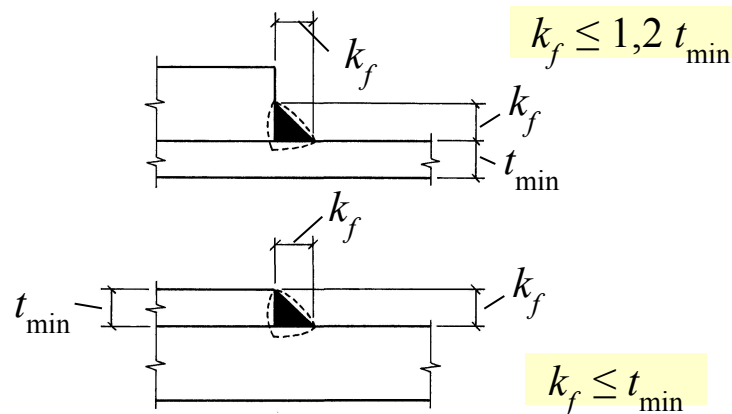
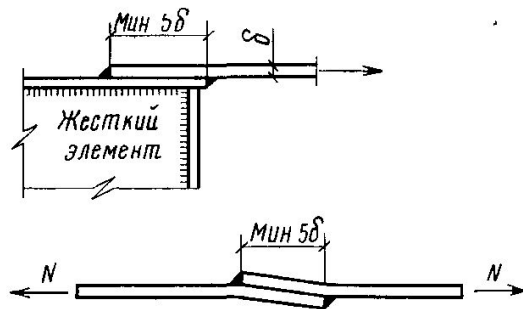
определяется по табл. 38* СНиП в зависимости от наибольшей толщины соединяемых элементов $t_{\max}$

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 ($R_{wy} = 0,85 R_y$).

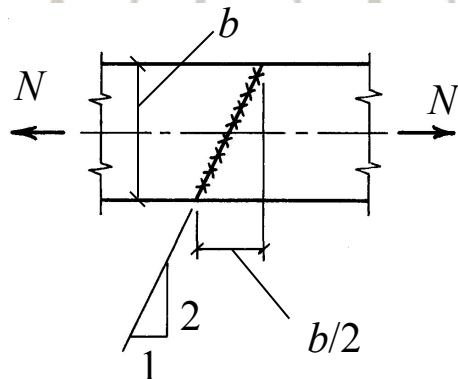
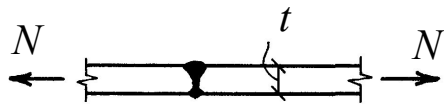
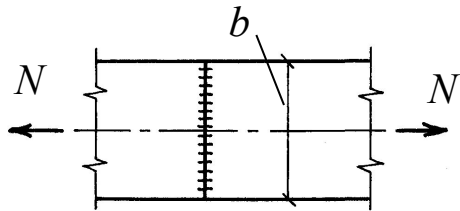
Условие расчёта:

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

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

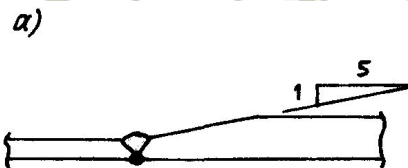
- осуществляется контроль их качества физическими методами (например, ультразвуковым) – для **заводских** швов;
- шов выполняется с уклоном не менее 2:1, что увеличивает его расчётную длину – для **монтажных** швов.



Конструктивные требования к стыковым швам

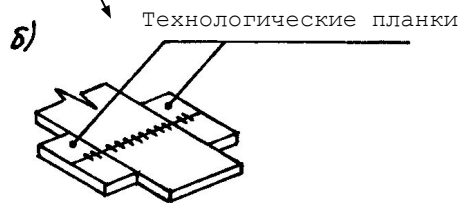
Вывод концов шва на технологические планки

(для заводских швов)



Подварка корня шва

(для монтажных швов)



Обработка кромок шва

Классификация швов по типу обработки кромок

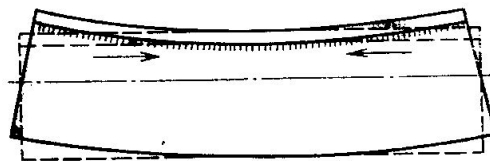
Наименование шва по типу обработки кромок	Эскиз обработки кромок	Применяется при толщине δ в мм
Без обработки	 $a = 0,5 - 2 \text{ мм}$	До 8—10
V-образный	 $\alpha = 60^\circ$ $b = 2 \text{ мм}$ $a = 2 - 3 \text{ мм}$	10—20
X-образный	 $\alpha = 45 - 60^\circ$ $b = 2 - 3 \text{ мм}$ $a = 3 - 4 \text{ мм}$	Больше 20
K-образный	 $\alpha = 45 - 55^\circ$ $b = 2 - 3 \text{ мм}$ $a = 3 - 4 \text{ мм}$	То же
U-образный	 $a = 3 - 4 \text{ мм}$	»
V-образный при автоматической сварке ¹	 $\alpha = 60^\circ$ $b = 0,5 - 0,6 \delta$ $a = 1 - 3 \text{ мм}$	Больше 16

Обозначения: a — зазор; b — притупление; α — угол раскрытия шва.

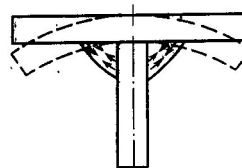
Сварочные деформации

Продольная усадка угловых швов

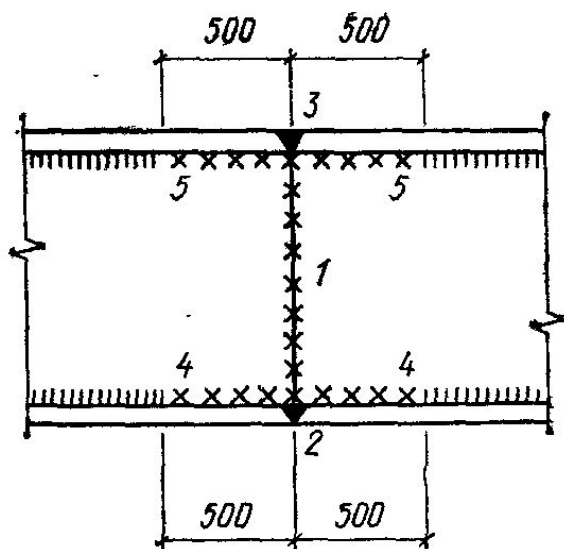
(или почему невозможно изготовить сварной профиль таврового сечения)



Поперечная усадка угловых швов



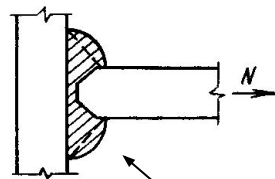
Поперечная усадка стыковых швов



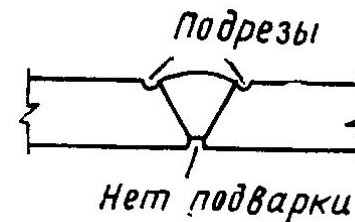
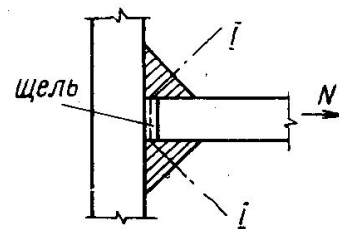
Последовательность сварки монтажного стыка

Дефекты сварных швов

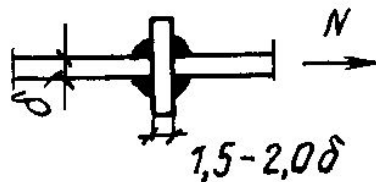
Снижение прочности угловых швов
из-за необработанной кромки
соединяемых элементов



Обработка кромок



Дефекты стыковых швов



Применение растянутого стыка через
поперечную прокладку не
рекомендуется

(в сжатых стыках это возможно)