

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»

Архитектурно-строительный институт
Кафедра Строительные конструкции

**Металлические конструкции,
включая сварку**
Часть 1 Элементы и соединения

Ауд. 6-313 Порываев Илья Аркадьевич – к.т.н. доцент

Лекция 4 Сварка. Общие сведения. Основы расчета сварных соединений

1. Соединения металлических конструкций
2. Сварка. Общие сведения и классификация
3. Основные типы сварных соединений и швов
4. Термический цикл сварки
5. Работа и основы расчета сварных швов

Соединения металлических конструкций

Соединения металлических конструкций

Сварные

Болтовые

Заклепочные



Сварка. Общие сведения и классификация

Сварка – процесс получения неразъемных соединений путем установления межатомных связей между соединяемыми элементами при их местном нагревании или пластической деформации или совместном действии того и другого, обеспечивающий необходимую прочность и пластичность сварного соединения

Сварка

```
graph TD; A[Сварка] --> B[Класс сварки]; B --> C[Вид сварки]; B --> D[Форма используемой энергии]; C --> E[Вид источника энергии];
```

Класс сварки

Форма
используемой
энергии

Вид сварки

Вид источника
энергии

Класс сварки

Термический



Плавление
(тепловая
энергия)

Термомеханический



Тепловая энергия
+ давление

Механический



Механическая
энергия и давление

Класс сварки

Термический

Термомеханиче
ский

Механический

Вид сварки

Электродуговая
электрошлаков
ая электронно-
лучевая
плазменная
газовая,
лазерная

Контактная
диффузионная
индукционно-
прессовая
газопрессовая
термокомпрессио
нная и т.д.

Холодная
взрывом
ультразвуковая
трением
магнитно-
импульсная

Технические признаки

Способ защиты
металла в зоне сварки



В среде защитного газа
под флюсом и т.д.

Степень механизации
сварки



Ручная
Механизованная
(полуавтоматическая,
автоматическая)

Технологические признаки

Форма сварного
соединения



Контактная
Точечная
Шовная
Стыковая и т.д.

Род сварочного тока



Переменный ток
Постоянный ток
Пульсирующий ток

Ручная дуговая сварка (РДС)

Производится покрытыми металлическими электродами диаметром от 2 до 6 мм

Источники сварочного тока: сварочные трансформаторы переменного тока, выпрямители, инверторы, генераторы постоянного тока

Около 70 % сварочных работ в строительстве

+

Простота, дешевизна, мобильность оборудования, высокое качество металла шва, равнопрочность шва и основного металла, возможность выполнять сварку в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях

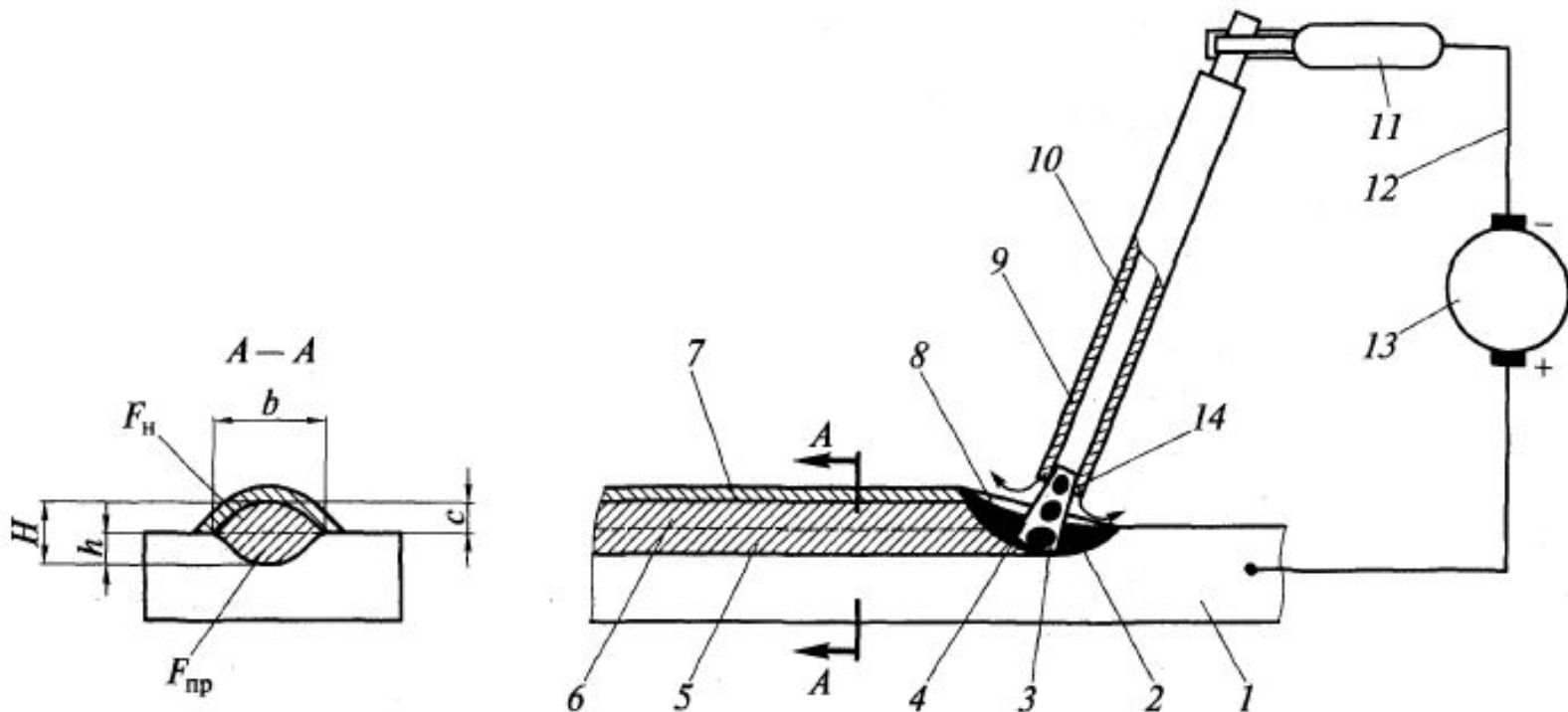
-

Сравнительно невысокая производительность, зависимость от климатических условий и квалификации сварщика

Ручная дуговая сварка (РДС)



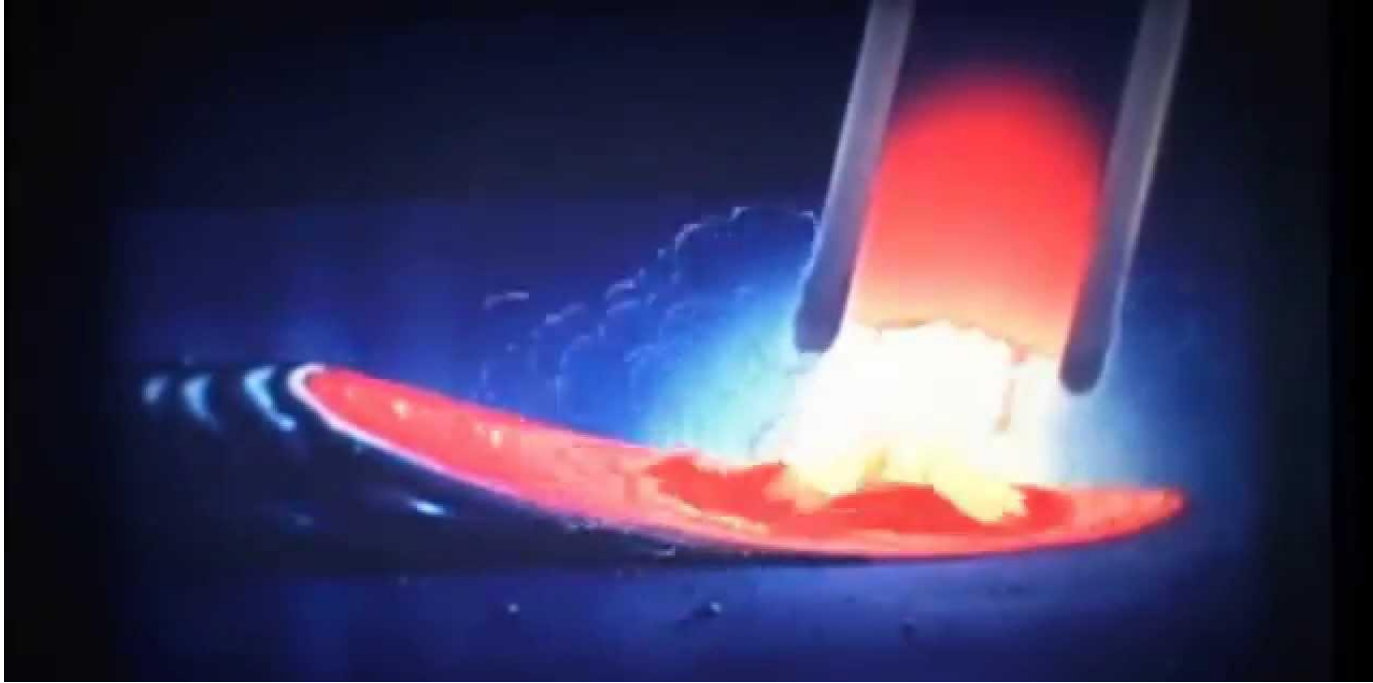
Ручная дуговая сварка (РДС)



- 1 – основной металл; 2 – сварочная ванна; 3 – капля; 4 – сварочная дуга
5 – проплавленный металл; 6 – наплавленный металл
7 – шлаковая корка; 8 – жидкий шлак; 9 – покрытие электрода;
10 – стержень электрода; 11 – электродержатель; 12 – сварочная цепь;
13 – источник питания; 14 – парогазозащитная атмосфера

t дуги 6000...8000 °C

Ручная дуговая сварка (РДС)



Покрывтие электрода необходимо

для стабилизации устойчивого горения дуги;

защита зоны сварки и жидкого металла от атмосферы;

очистка металла от вредных примесей;

раскисление металла шва;

легирование металла шва марганцем, кремнием, никелем, хромом,

ТИТАНОМ

Механизированная дуговая сварка в углекислом газе и порошковой проволокой (МДС_{CO2}; МДС_{ПП})

Производится электродной проволокой в среде защитного газа или порошковой проволокой

Источник питания - выпрямитель

Электродная проволока подается в зону сварки автоматически; перемещение дуги вдоль кромок сварщик выполняет вручную

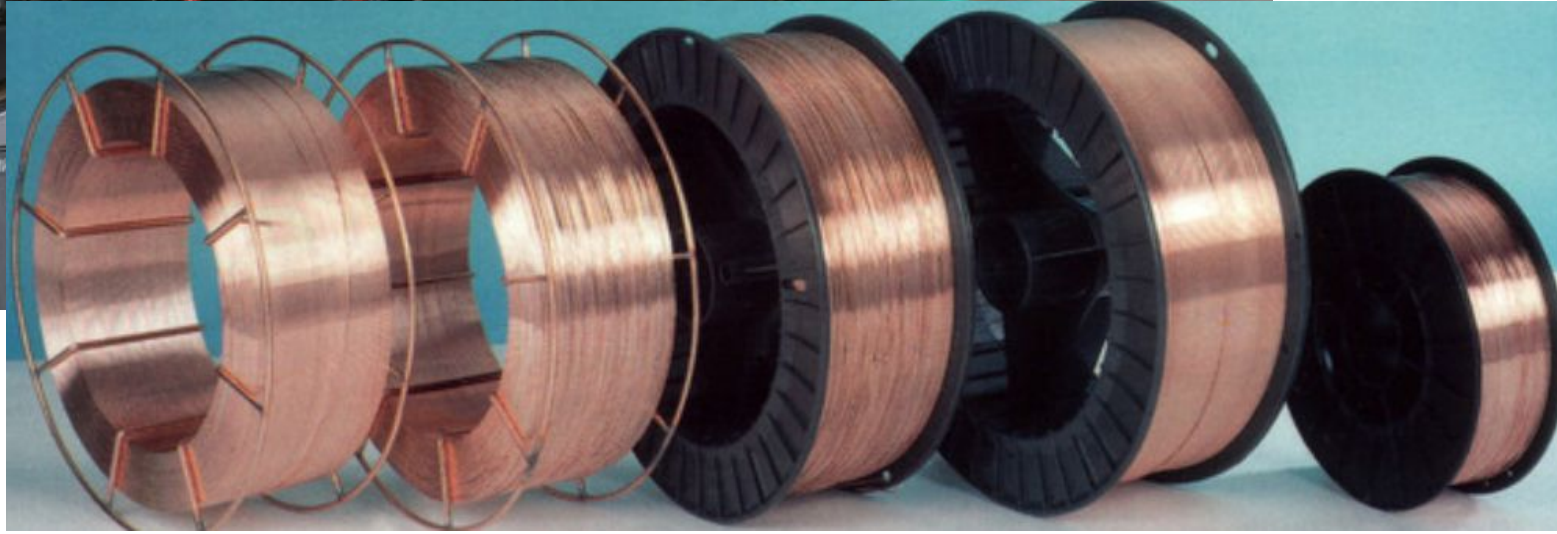
- CO₂

невозможность сваривать высоколегированные стали

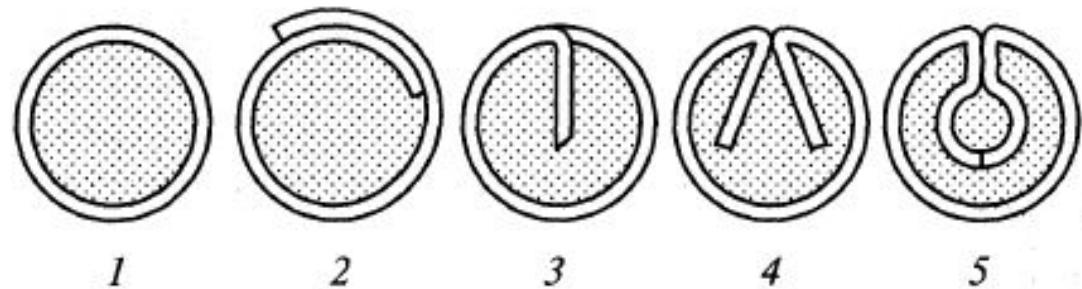
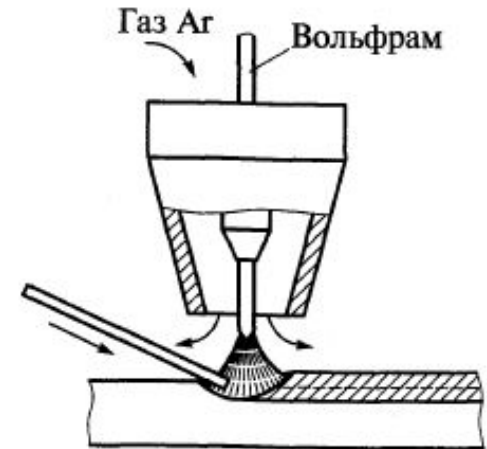
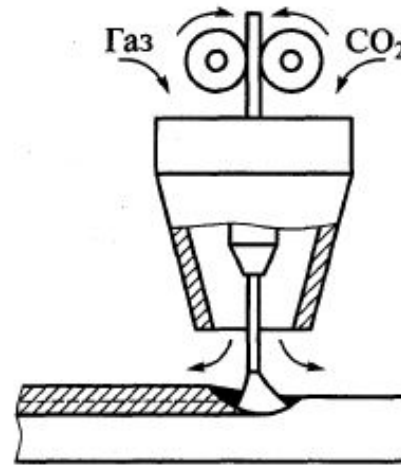
- ПП

сложность изготовления и высокая цена проволоки; гигроскопичность порошка

Механизированная дуговая сварка



Механизированная дуговая сварка



Автоматическая сварка под слоем флюса (АДС_ф)

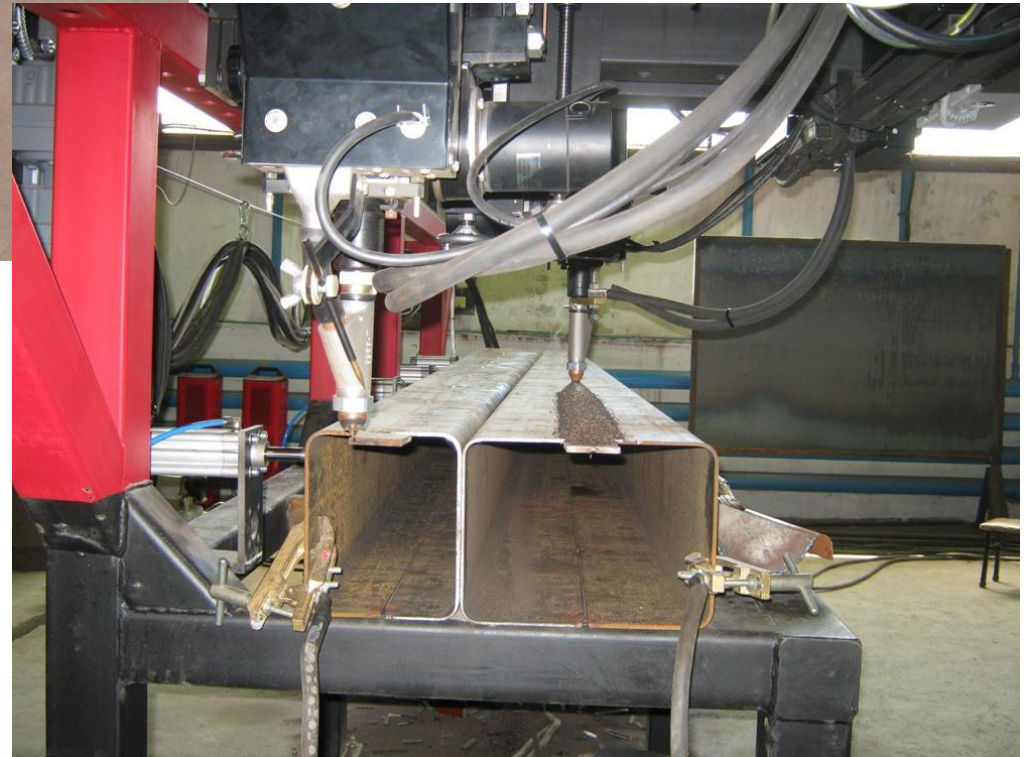
Производится электродной проволокой под слоем флюса

Подача электродной проволоки и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок происходит автоматически

Для защиты сварочной ванны используют флюс, который засыпают впереди дуги слоем толщиной 30 – 40 мм и шириной 40 – 100 мм

Высокопроизводительный процесс, обеспечивающий высокое качество шва, позволяющий варить большие толщины длинномерных изделий

Автоматическая сварка под слоем флюса (АДС_ф)



Автоматическая сварка под слоем флюса (АДС_ф)

Направление сварки



Контактный
наконечник

Электродная
проволока

Флюс

Дуга

Соединяемый
материал

Защитная атмосфера

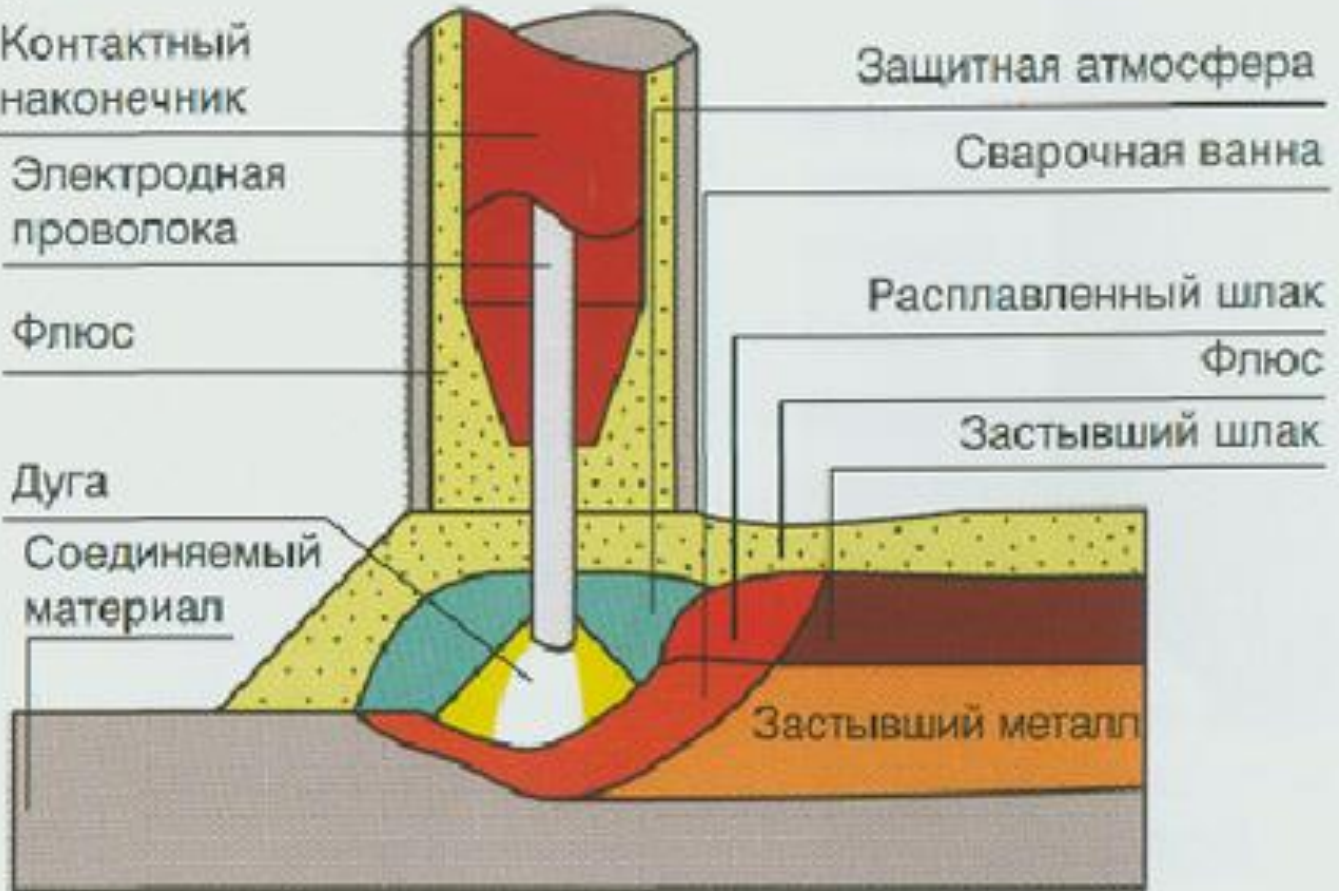
Сварочная ванна

Расплавленный шлак

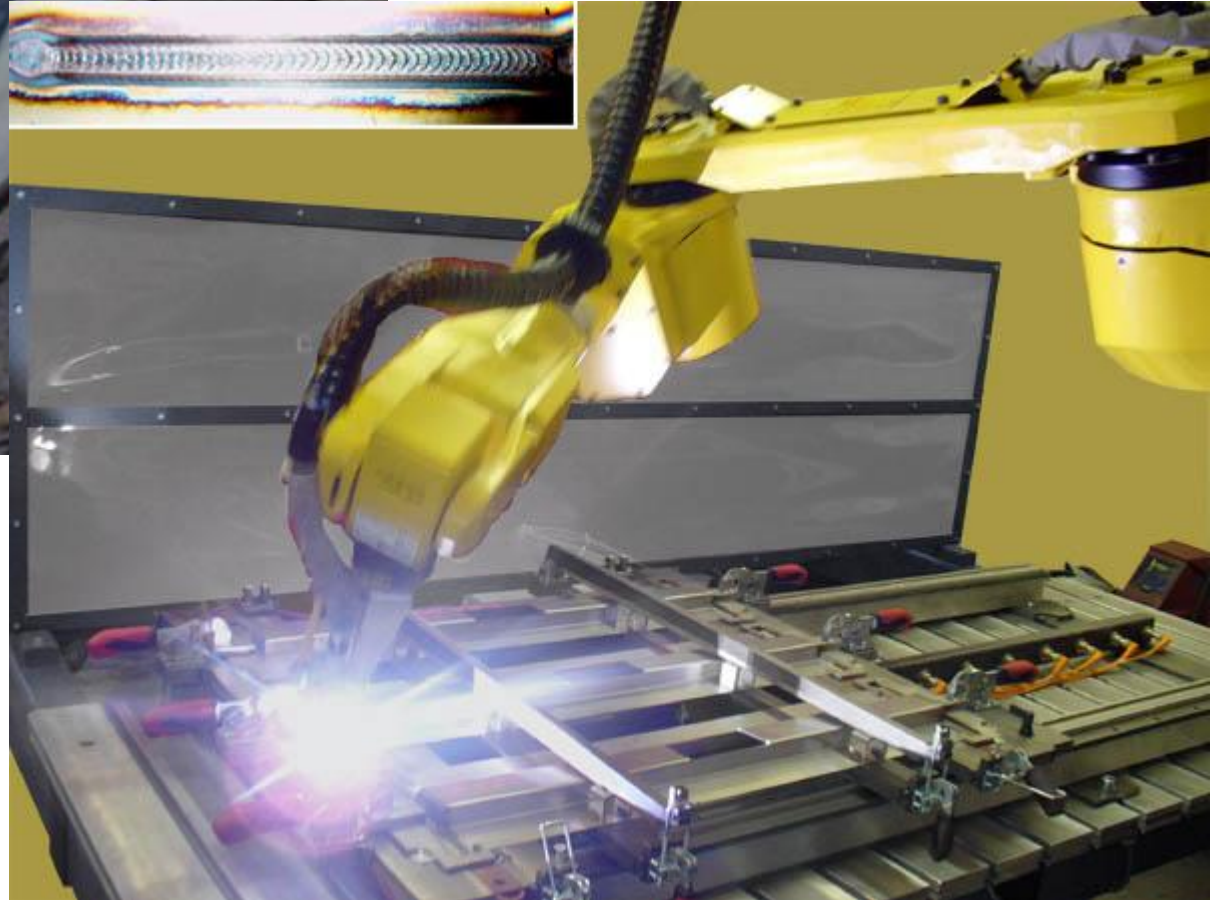
Флюс

Застывший шлак

Застывший металл



Автоматическая сварка



Автоматическая сварка



Основные типы сварных соединений и швов

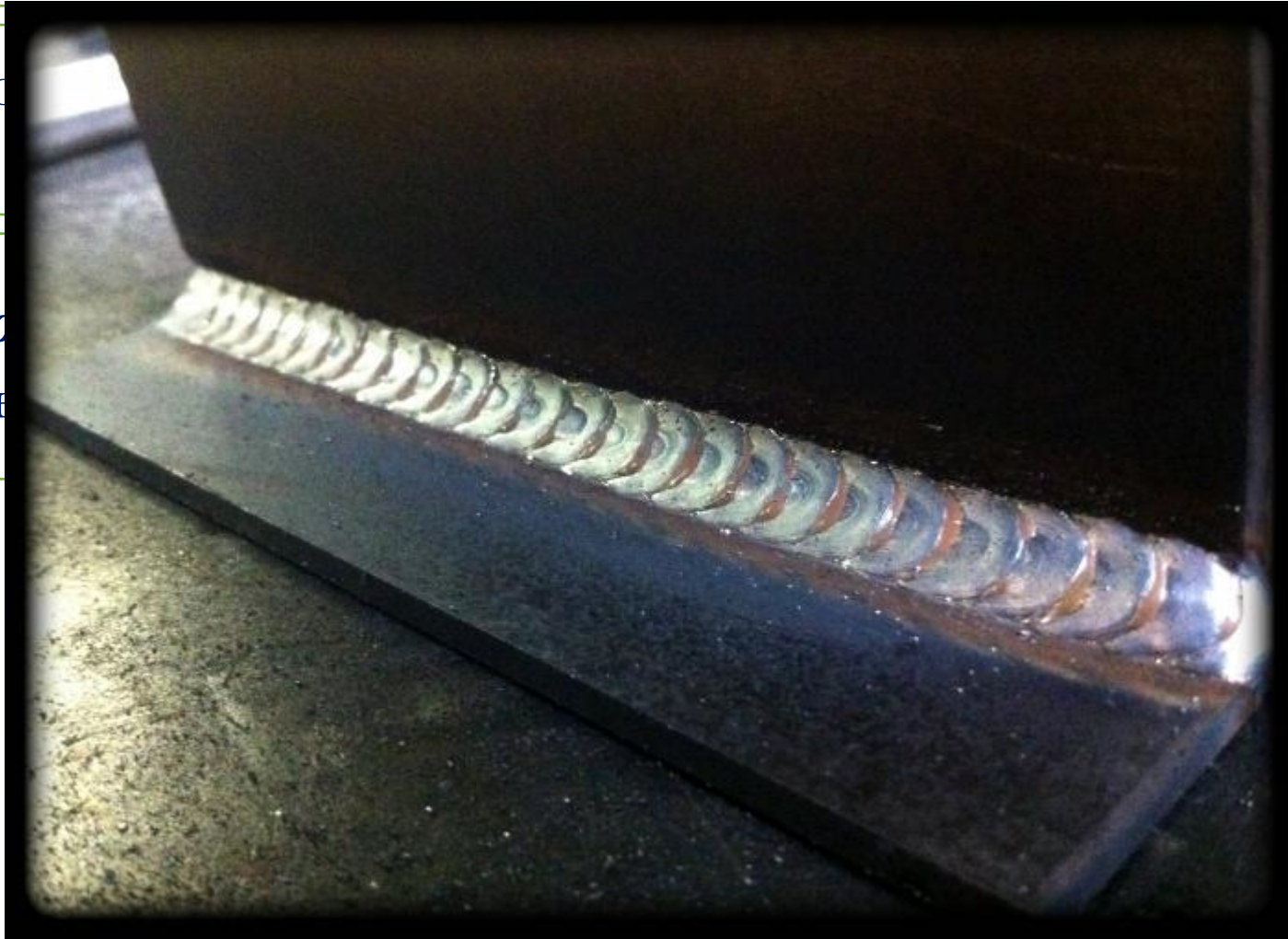
Сварное соединение – участок конструкции, в котором отдельные ее элементы соединены с помощью сварки

Сварно

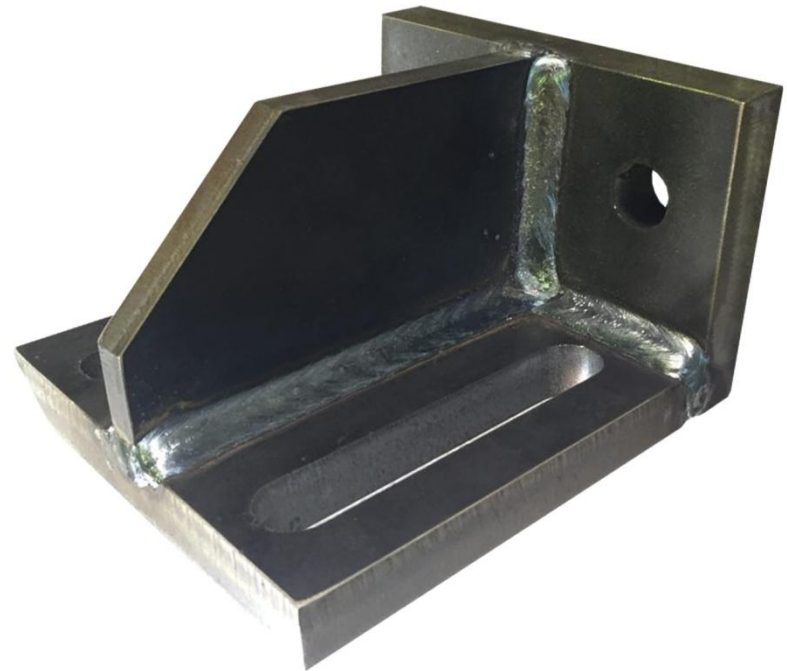
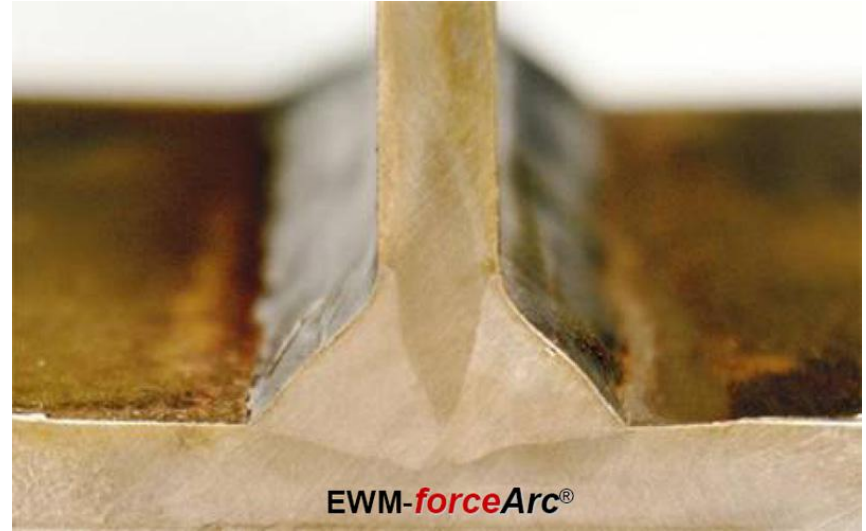
, участок

Сварно
результ

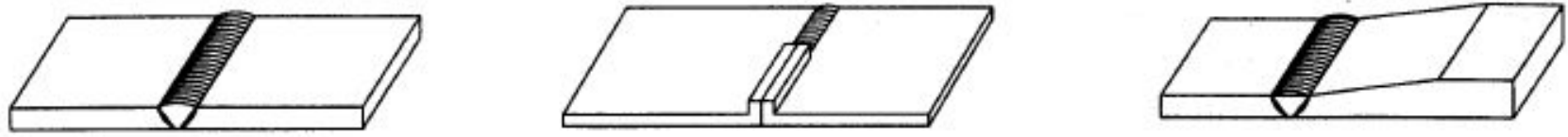
ВШИЙСЯ В
Й ВАННЫ



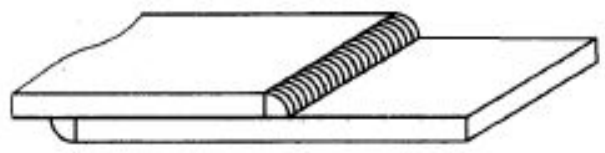
Классификация сварных соединений и швов



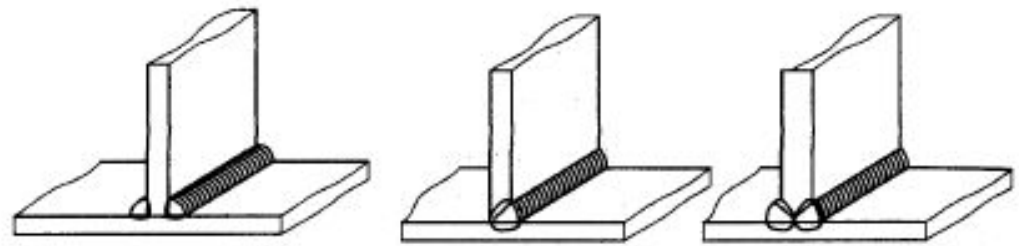
Классификация сварных соединений и швов



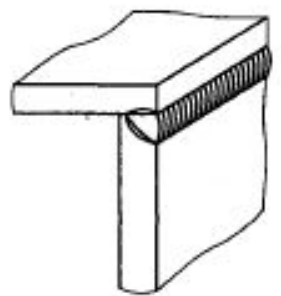
а



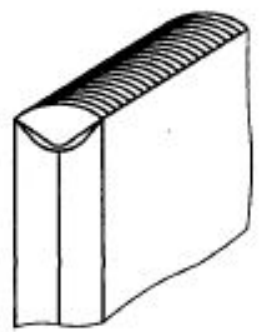
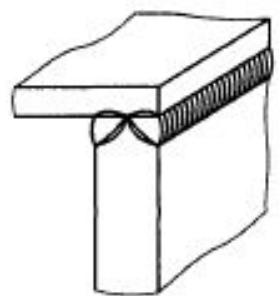
б



в



г

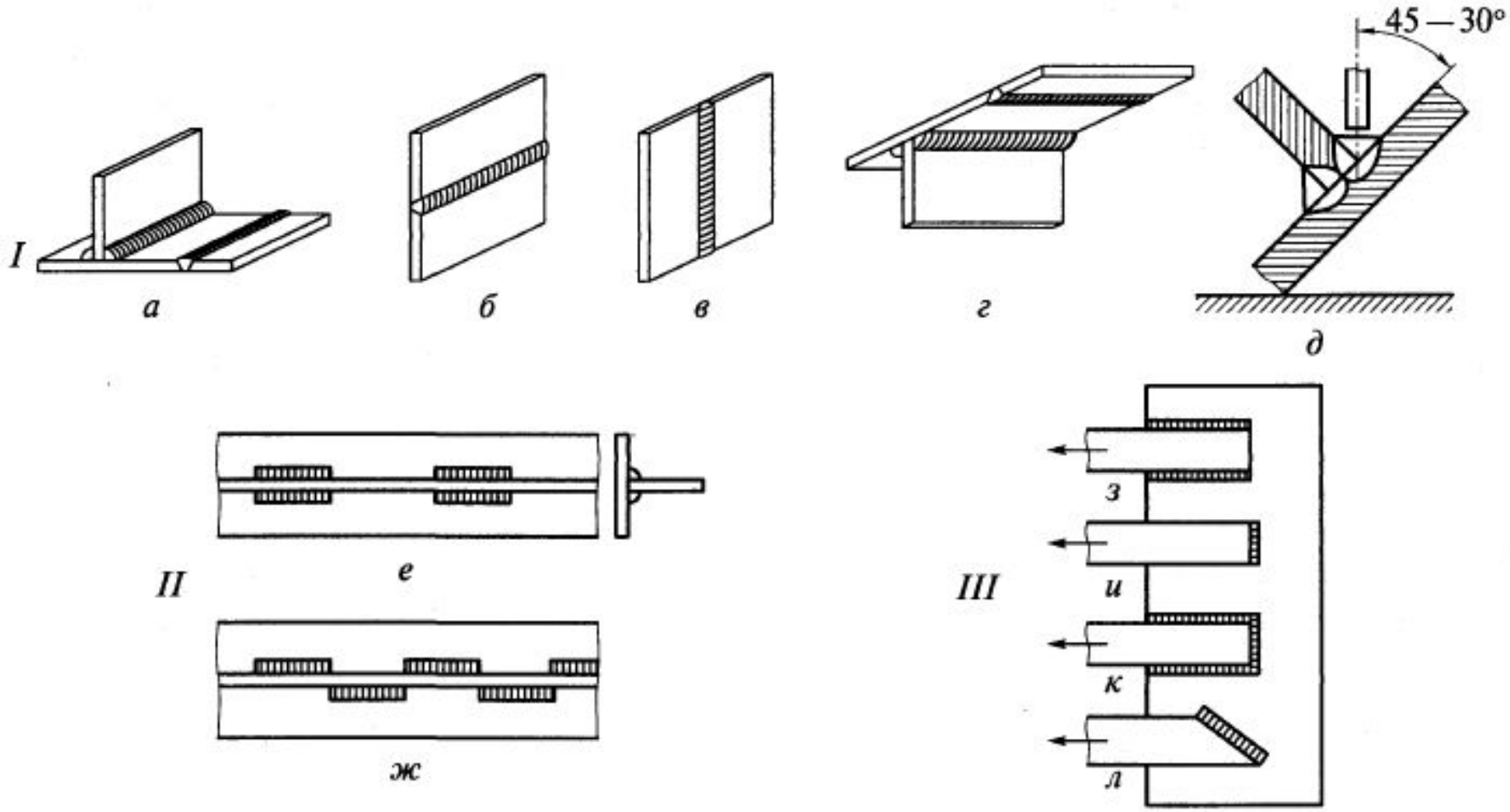


д

а – стыковые
б – нахлесточные

в – тавровые; г – угловые; д – торцевые

Классификация сварных соединений и швов



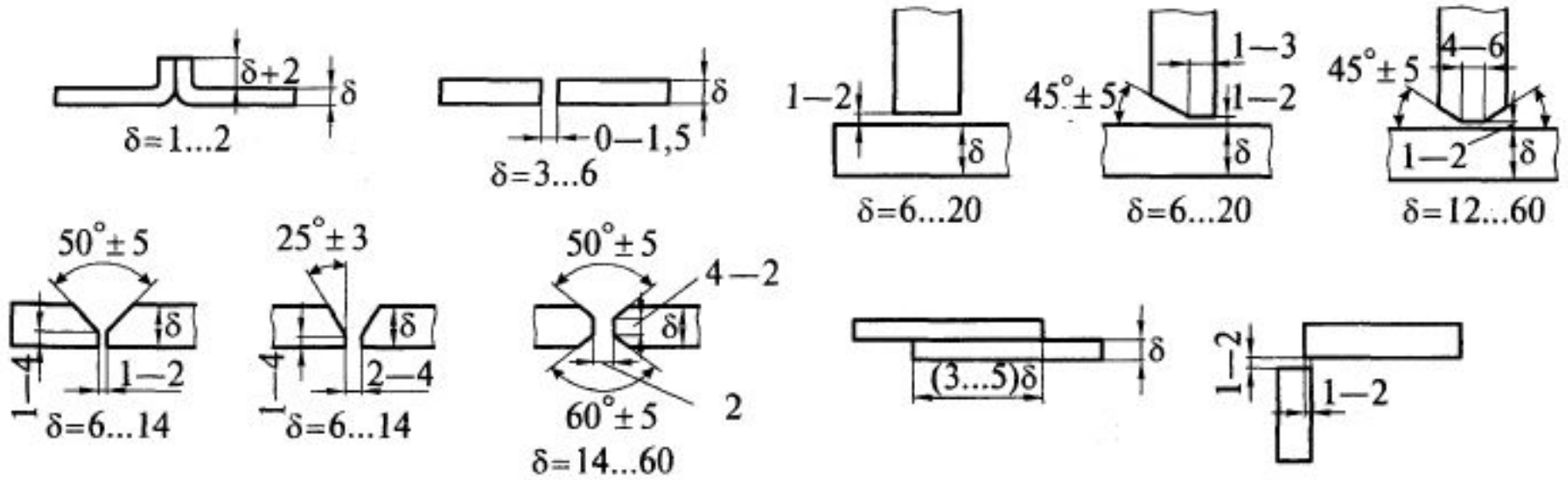
I – по положению в пространстве; II – по протяженности;

III – по отношению к направлению действия усилия

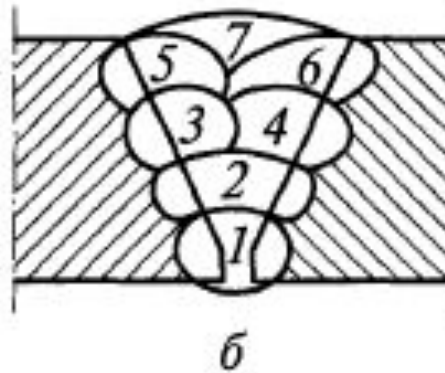
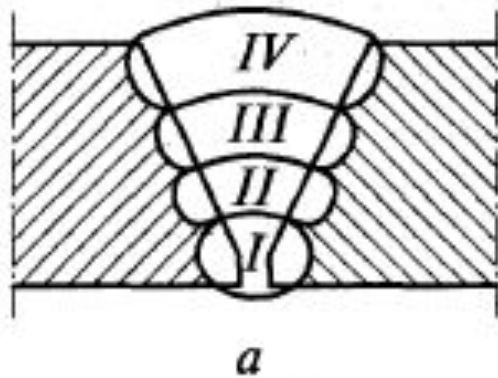
Классификация сварных соединений и швов



Разделка кромок под сварку элементов



с отбортовкой; без разделки кромок; с разделкой

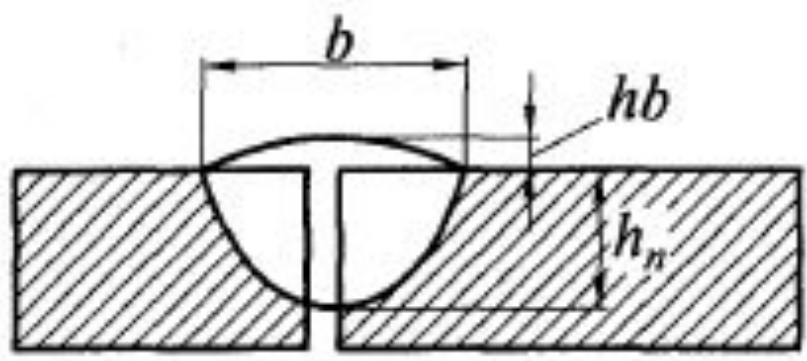


а – многослойный

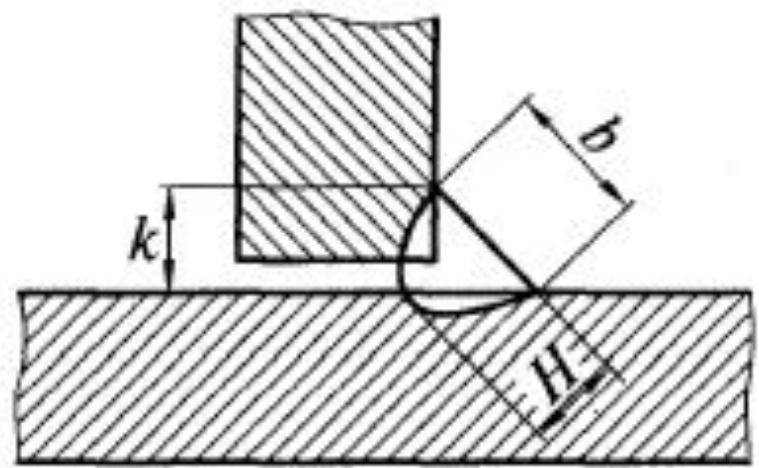
б – многопроходный

Зазор; притупление; угол скоса кромок

Геометрические параметры сварных швов



a



б

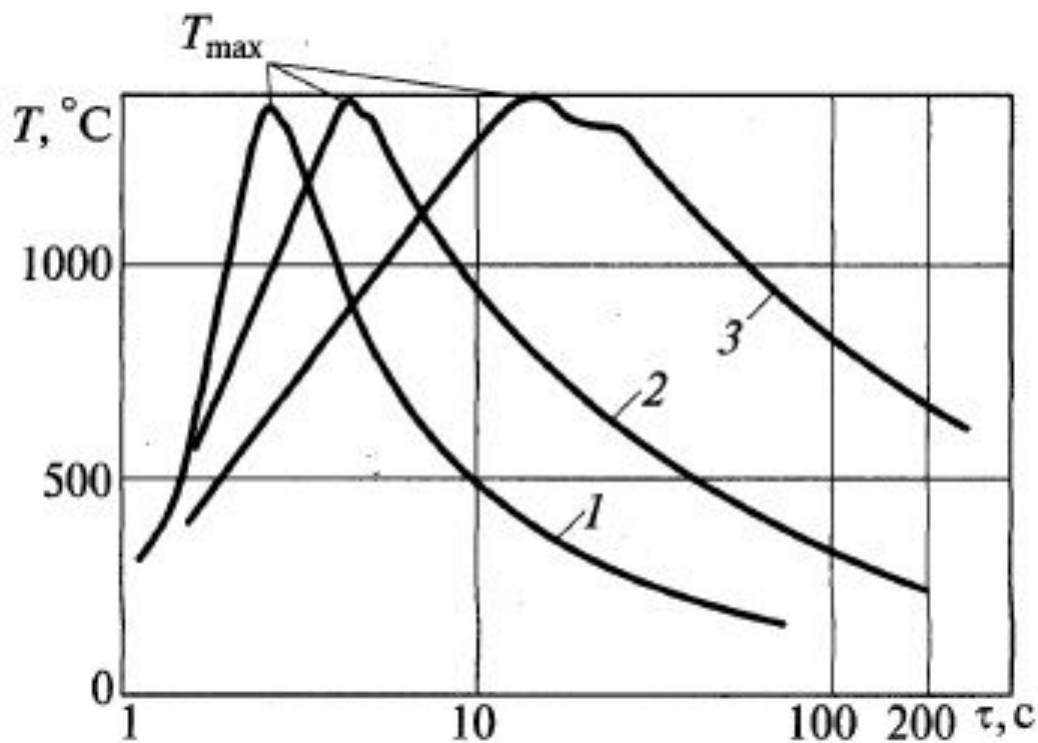
b – ширина шва
 h_n – глубина проплавления
 hb – выпуклость сварного шва

b – ширина шва
 H – глубина проплавления
 k – катет сварного шва



Термический цикл сварки

Термический цикл – последовательность нагрева и охлаждения металла в какой-либо точке сварного соединения

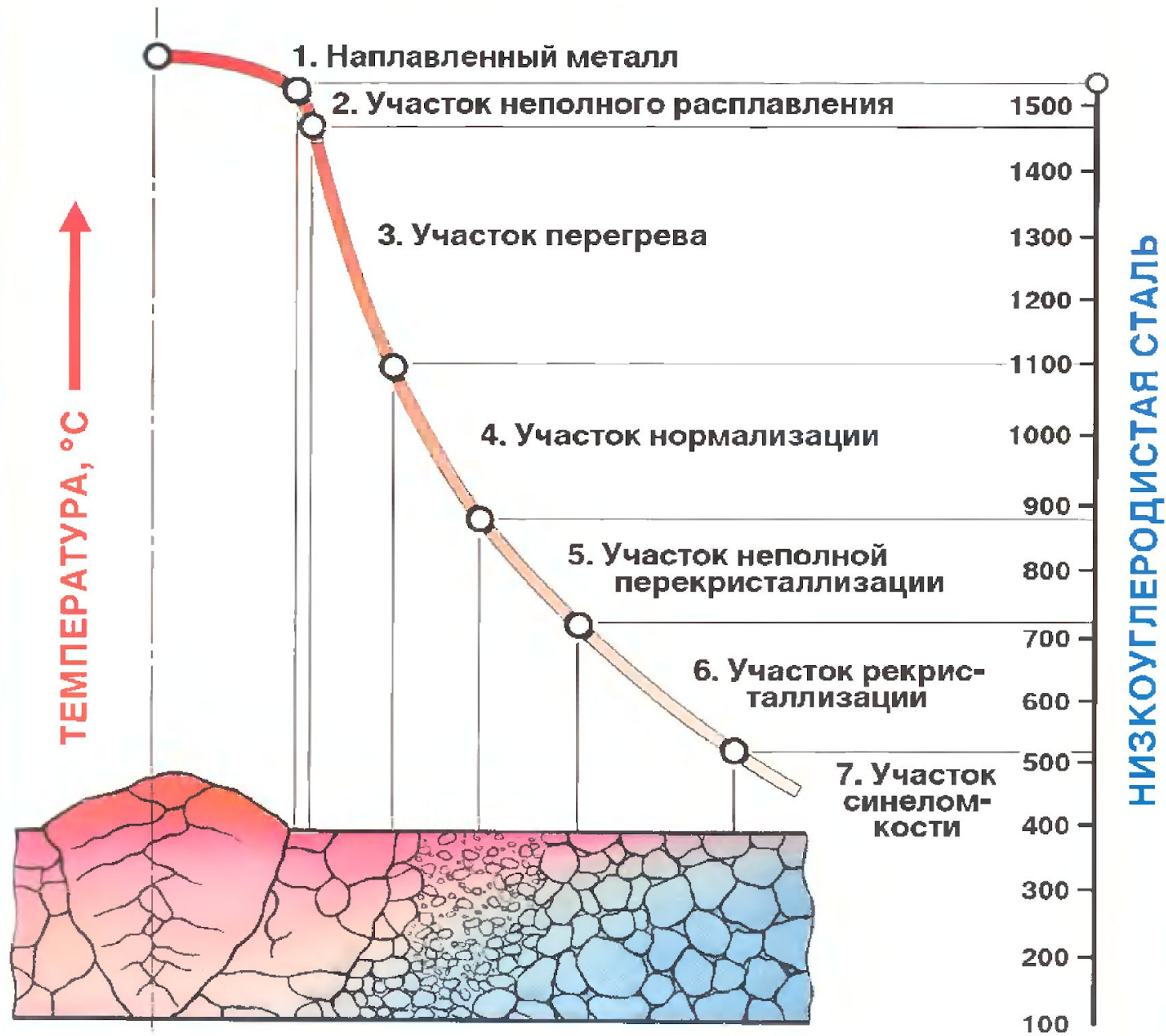


T_{max} – максимальная температура

$v_n, w_{охл}$

τ – продолжительность нагрева выше определенной температуры T

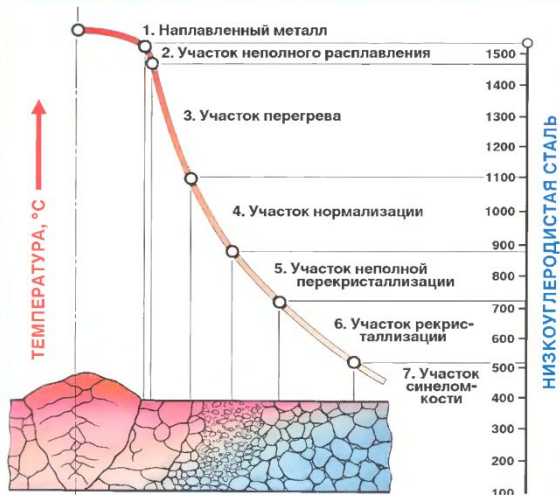
Зона термического влияния



Зона термического влияния

ХАРАКТЕРИСТИКИ УЧАСТКОВ

№	СТРУКТУРА МЕТАЛЛА	Температура, °С	Ширина, мм
1	Столбчатая, литая, с пониженными механическими свойствами	1530±5	1/2 ширина шва
2	Рост зерна, образование игольчатой структуры с повышенной хрупкостью	1530-1470	0,1-0,4
3	Крупнозернистое строение с пониженной ударной вязкостью и пластичностью	1470-1100	3-4
4	Измельчение зерна, повышение механических свойств	1100-880	0,2-4,0
5	Смешанное строение из мелких и крупных зерен с пониженными механическими свойствами	880-720	0,1-3,0
6	Восстановление формы и размеров зерен металла	720-510	0,1-1,5
7	Структурных изменений не имеет	510-200	0,8-12



***Сварочные напряжения и деформации
самостоятельная проработка п. 4.1.7
учебник Кудишина***

***Работа и основы
расчета сварных швов***

Работа стыкового сварного соединения

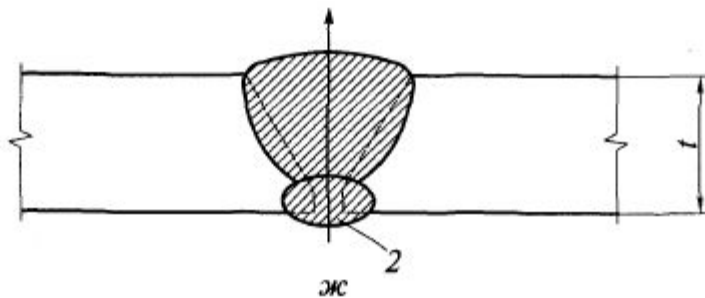
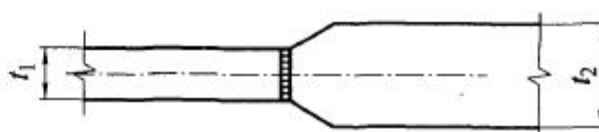
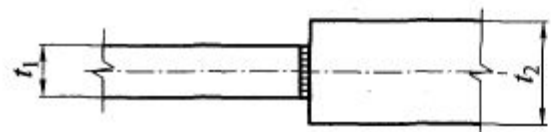
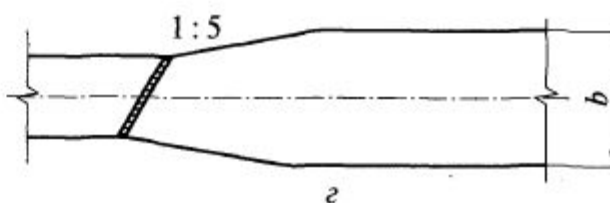
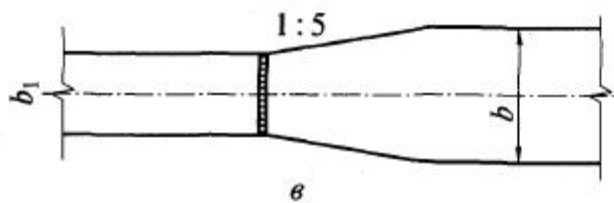
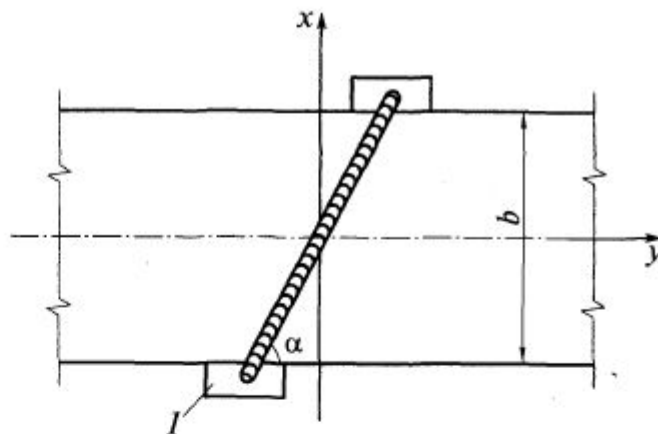
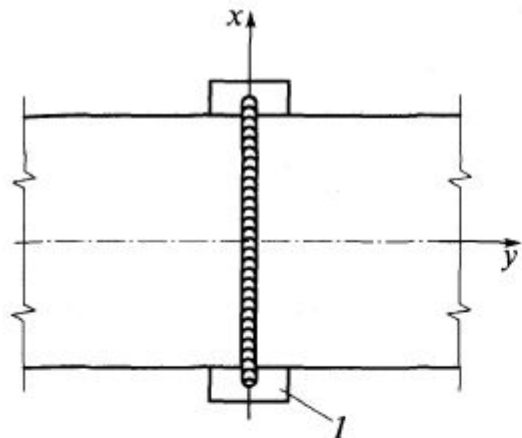
Прочность шва зависит от прочности основного металла и металла шва

Необходимо обеспечить равнопрочность основного металла и металла шва

Использование выводных планок при сварке; физических методов контроля (ультразвук, рентген); подварка корня шва

Проектирование косых швов с учетом пониженных прочностных характеристик металла шва

Работа стыкового сварного соединения

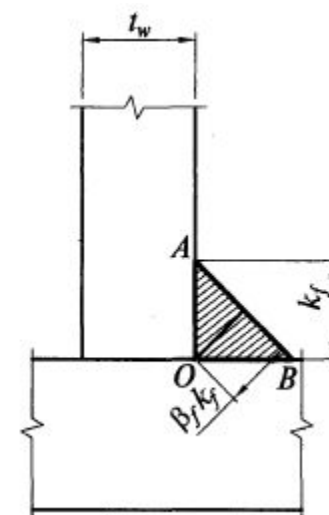
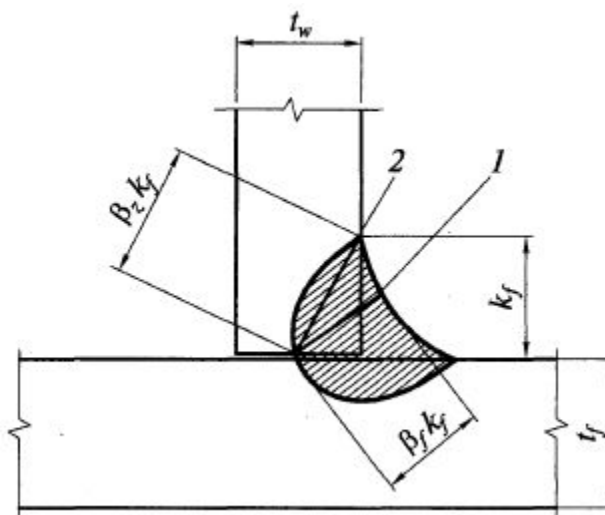
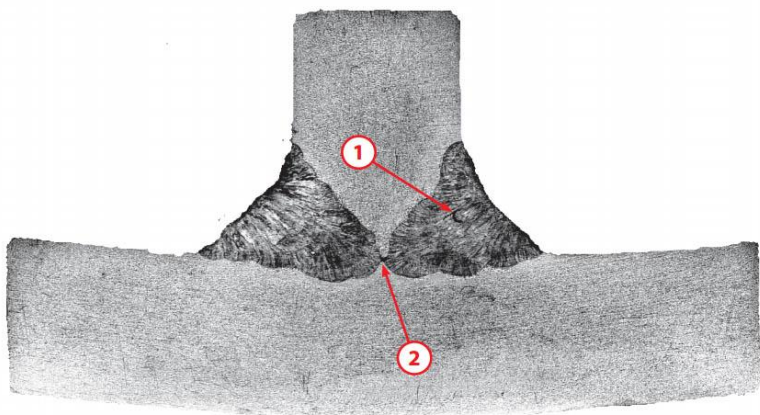


Работа сварного соединения с угловыми швами

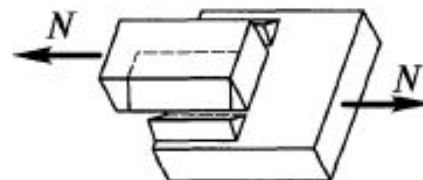
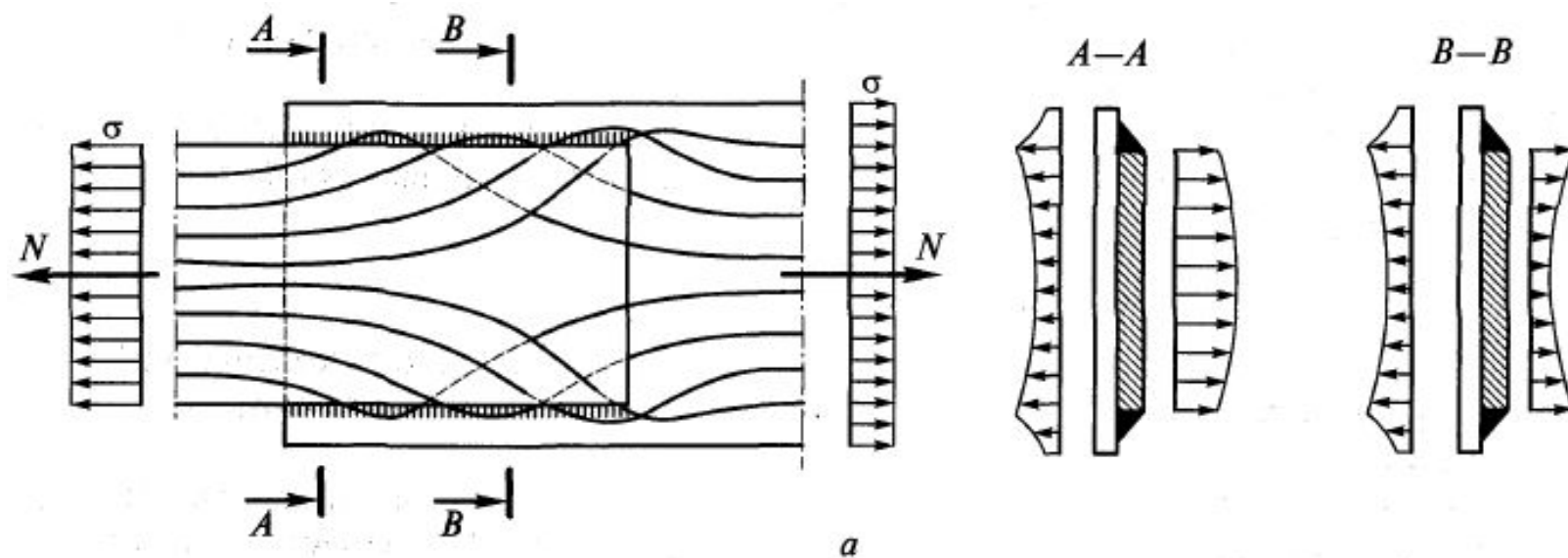
Фланговые швы



Лобовые швы



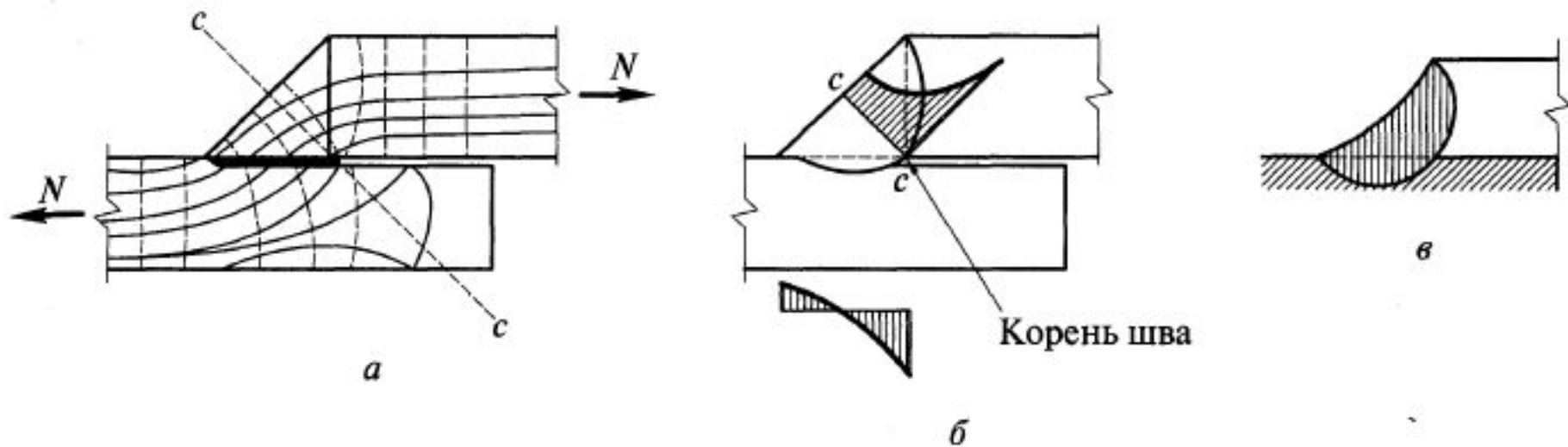
Фланговые швы



б

Работа сварного соединения с угловыми швами

Лобовые швы



Для снижения концентрации напряжений – плавное примыкание привариваемой детали; механическая обработка (сглаживание) поверхности шва; применение вогнутого шва; увеличение глубины проплавления

Основы расчета сварных соединений

Вид соединения (стыковые, угловые швы)

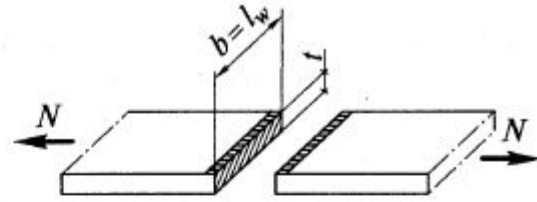
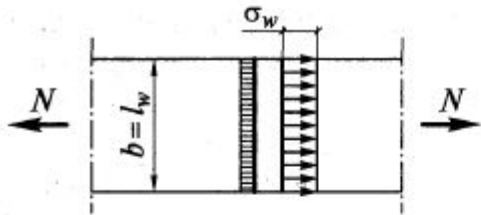
Способ сварки (ручная, механизированная, автоматическая)

Сварочные материалы (электрод, проволока, флюс и т.д.)

↓
Характеристики
основного металла

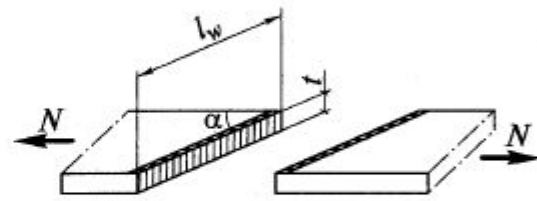
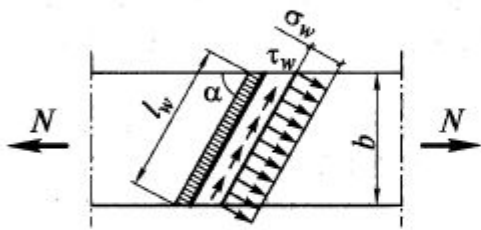
↓
Способ сварки

Расчет стыковых сварных соединений



$$\frac{N}{t \cdot l_w} \leq R_{wy} \cdot \gamma_c$$

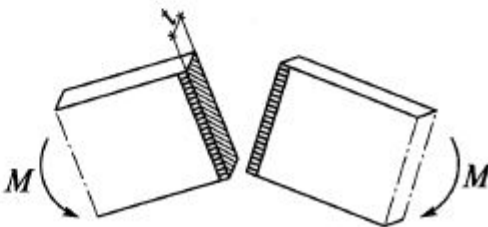
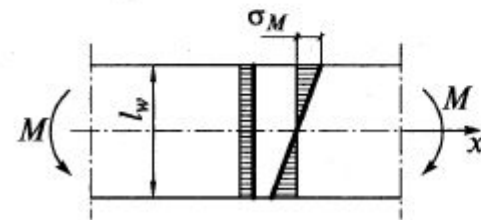
a



$$\sigma_w = N \cdot \sin \alpha / t \cdot l_w \leq R_{wy}$$

$$\tau_w = N \cdot \cos \alpha / t \cdot l_w \leq R_{ws}$$

б



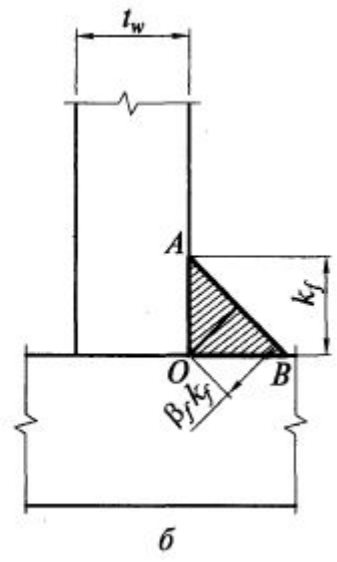
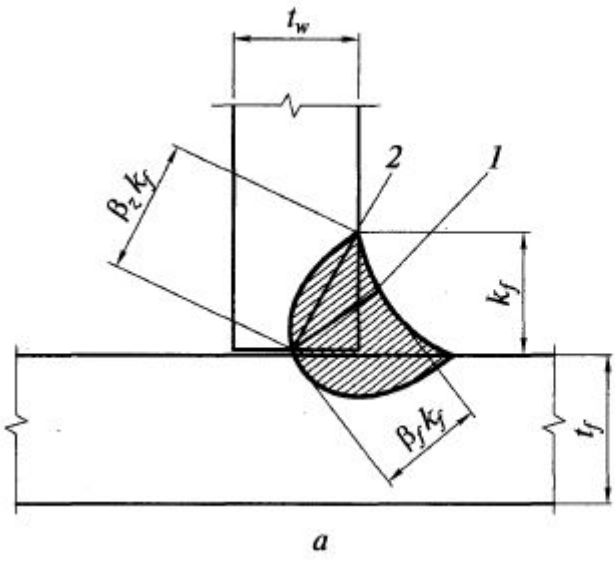
$$\sigma_w = \frac{M}{W} \leq R_{wy} \gamma_c$$

$$W = \frac{t \cdot l_w^2}{6}$$

в

$$\sqrt{\sigma_{wx}^2 + \sigma_{wy}^2 - \sigma_{wx} \cdot \sigma_{wy} + 3\tau_{wxy}^2} \leq 1,15 R_{wy} \gamma_c$$

Расчет соединений с угловыми швами



Металл сварного шва (сечение 1)

$$\tau_{wf} = \frac{N}{(\beta_f \cdot k_f \cdot l_w)} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c$$

Металл границы сплавления (сечение 2)

$$\tau_{wf} = \frac{N}{(\beta_z \cdot k_f \cdot l_w)} \leq R_{wz} \cdot \gamma_c$$

