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

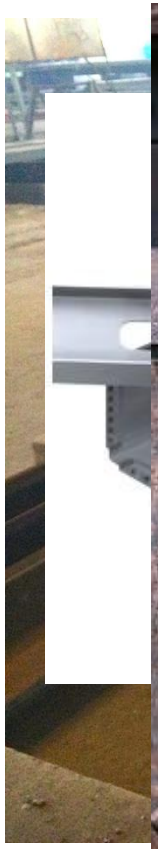
Соединения металлических конструкций

Соединения металлических конструкций

Сварные

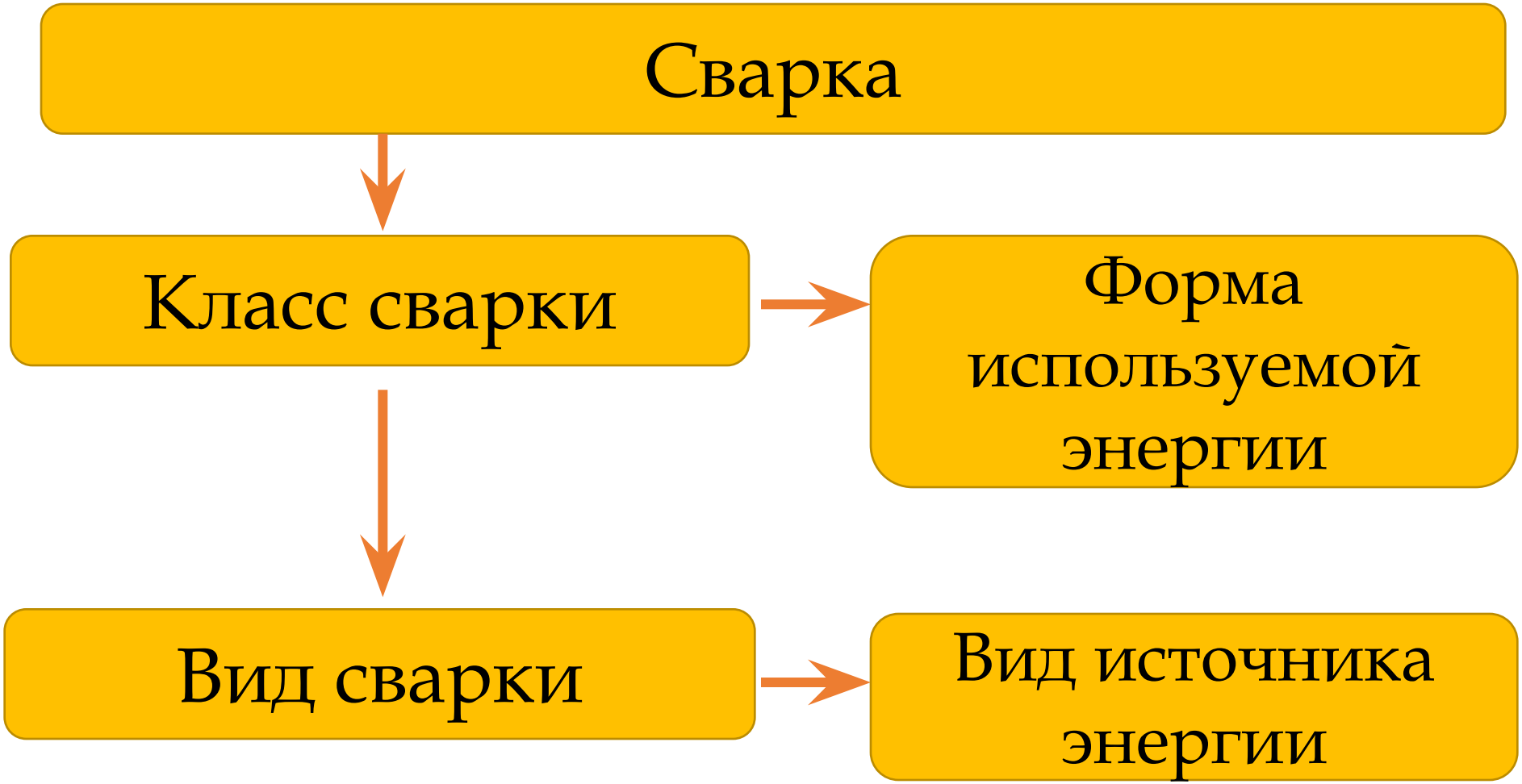
Болтовые

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
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

Термомеханический

Механический

Вид сварки

Электродуговая электрошлаковая электронно-лучевая плазменная газовая, лазерная

Контактная диффузионная индукционно-прессовая газопрессовая термокомпрессионная 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
Механизированная (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

+

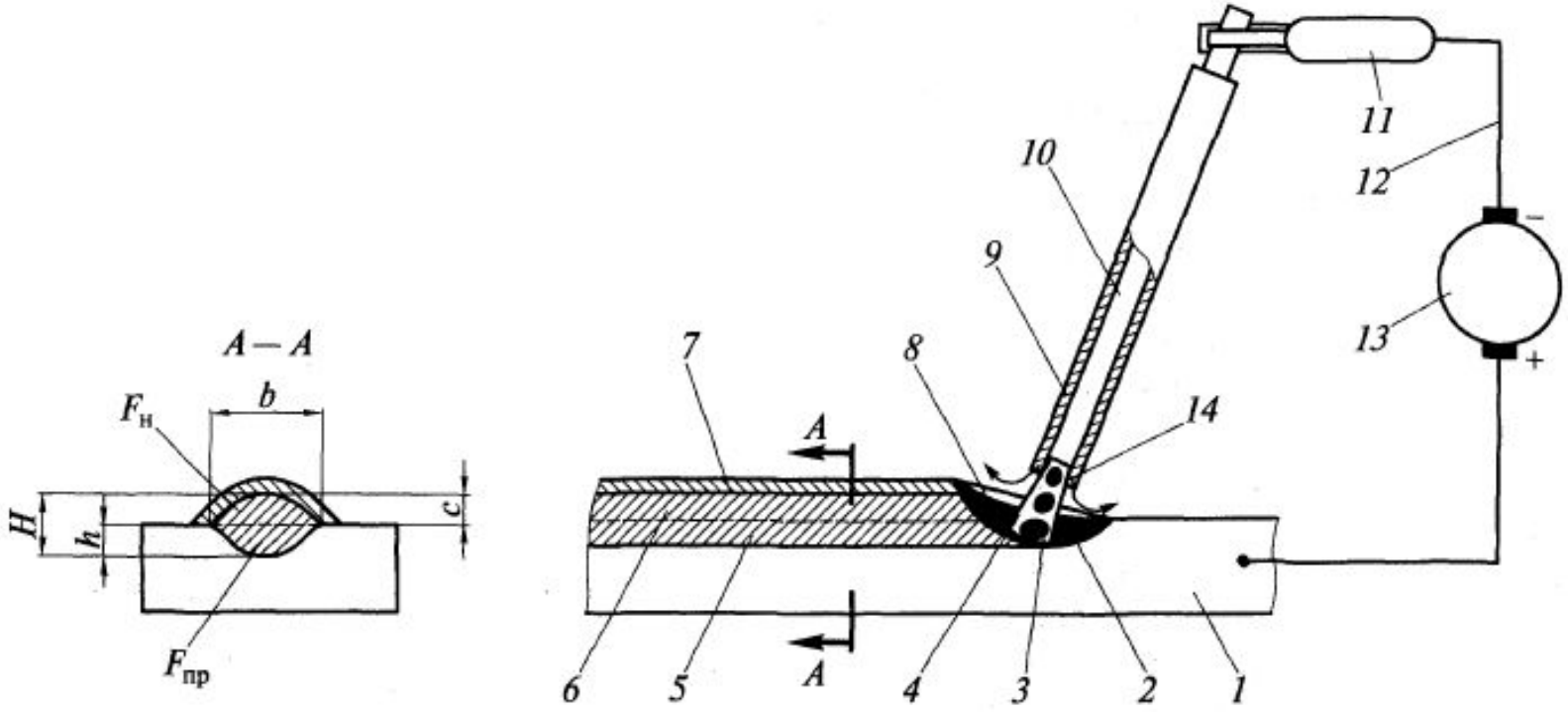
Простота, дешевизна, мобильность оборудования, высокое качество металла шва, равнопрочность шва и основного металла, возможность выполнять сварку в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях

-

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 ^{o}C

Ручная дуговая сварка (РДС)

Покрытие 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 ($МДС_{CO_2}$; $МДС_{ПП}$)

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

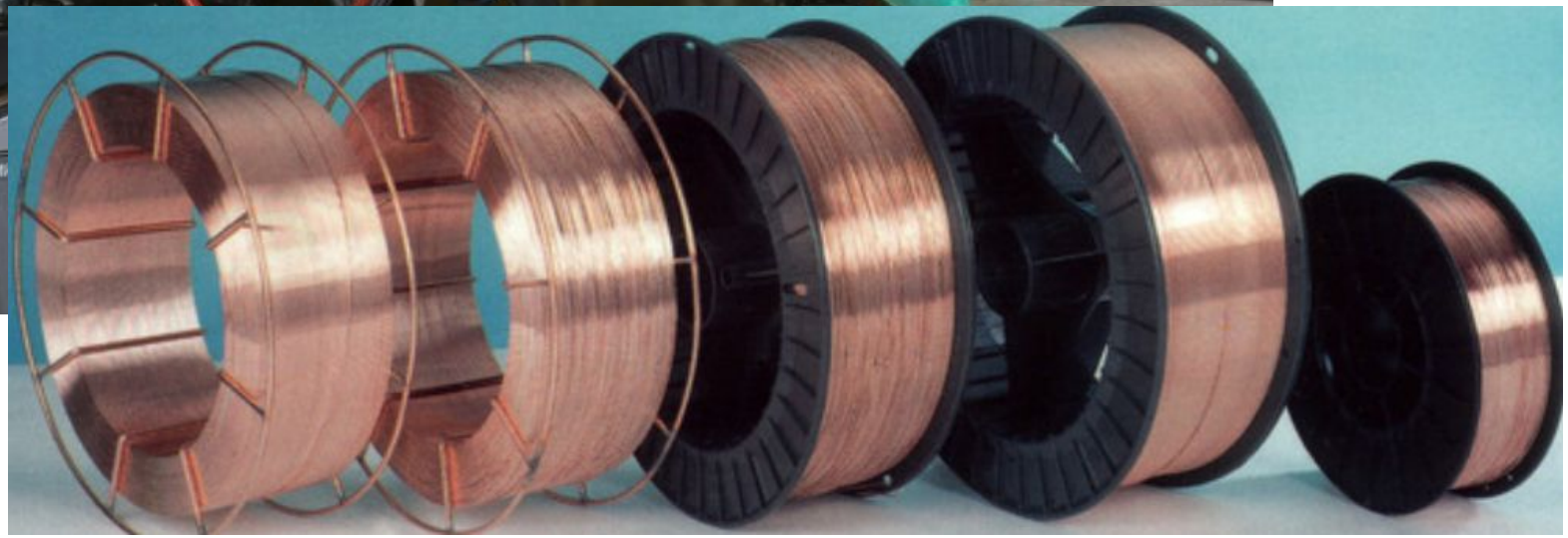
- CO2

невозможность сваривать высоколегированные стали

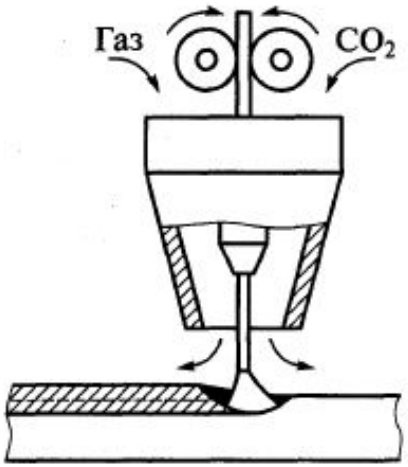
- ПП

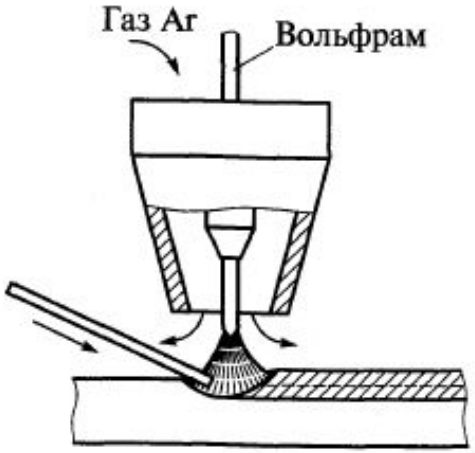
сложность изготовления и высокая цена проволоки; гигроскопичность порошка

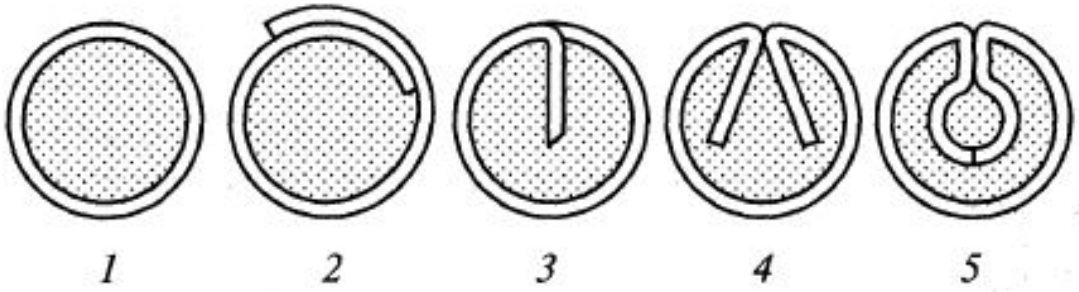
Механизированная дуговая сварка



Механизированная дуговая сварка







Автоматическая сварка под слоем флюса (АДС$_ф$)

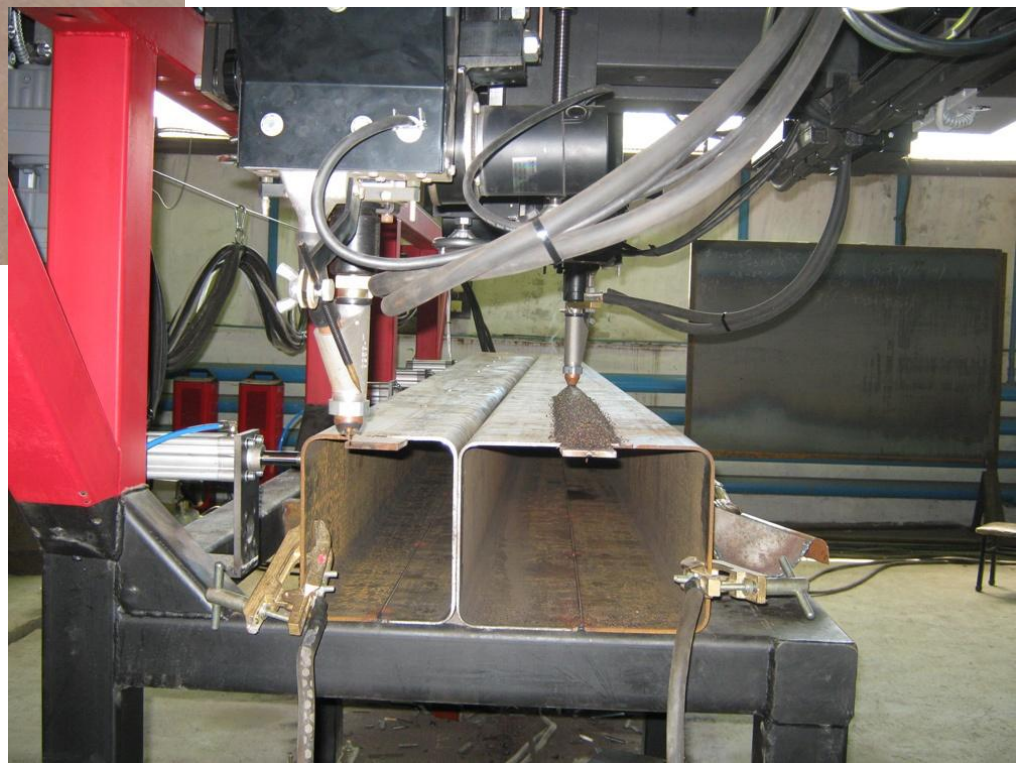
Производится электродной проволокой под слоем флюса

Подача электродной проволоки и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок происходит автоматически

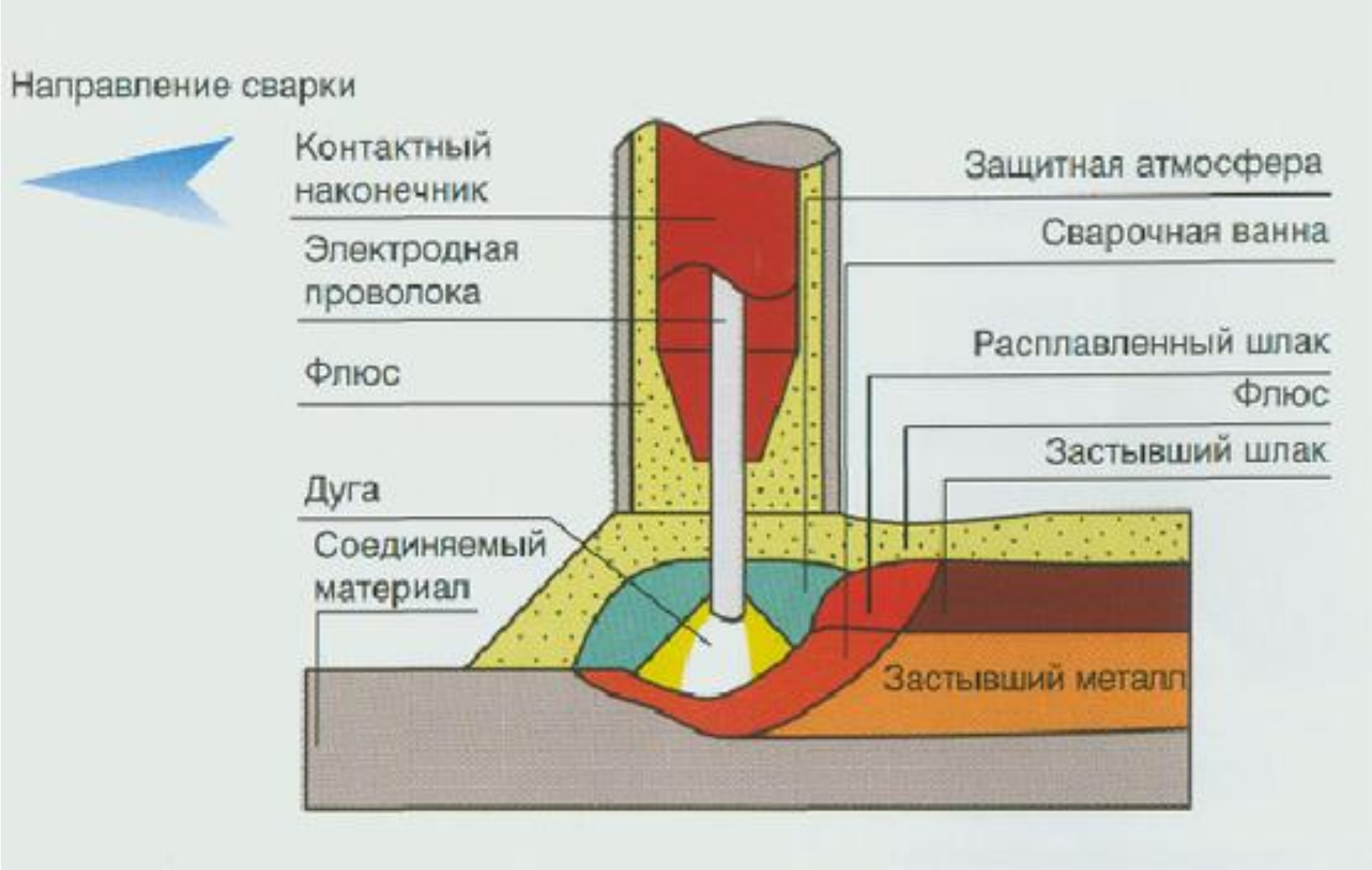
Для защиты сварочной ванны используют флюс, который засыпают впереди дуги слоем толщиной 30 – 40 мм и шириной 40 – 100 мм

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

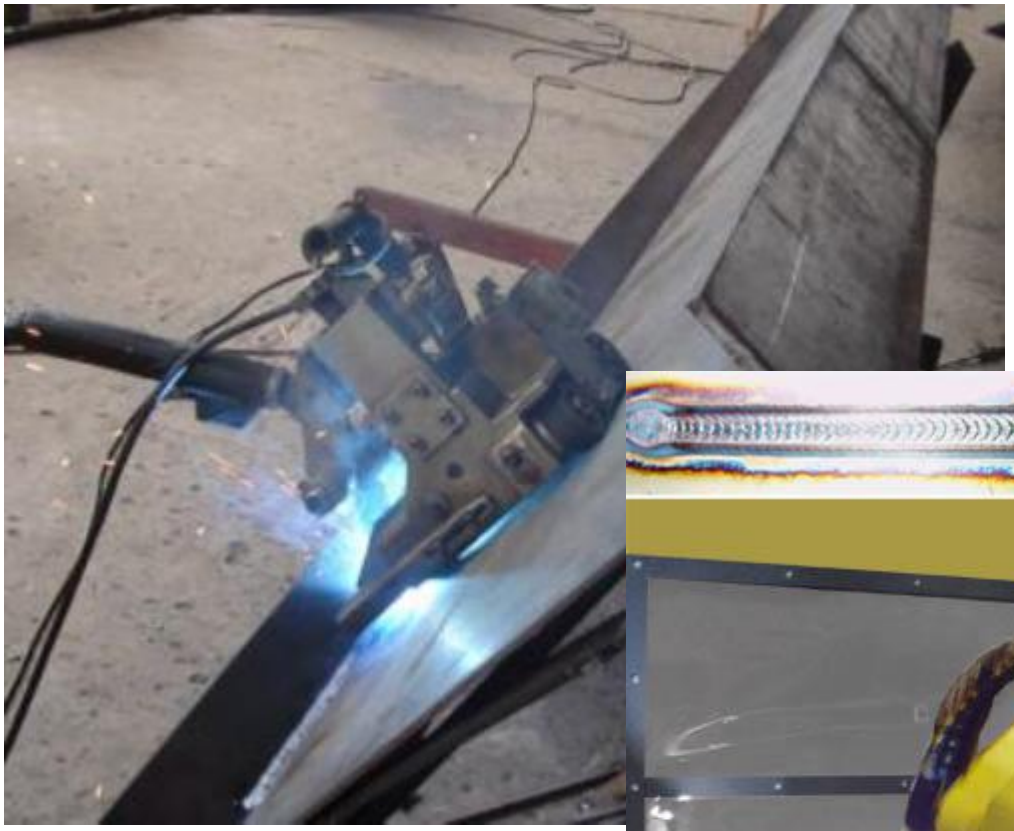
Автоматическая сварка под слоем флюса (АДС$_ф$)

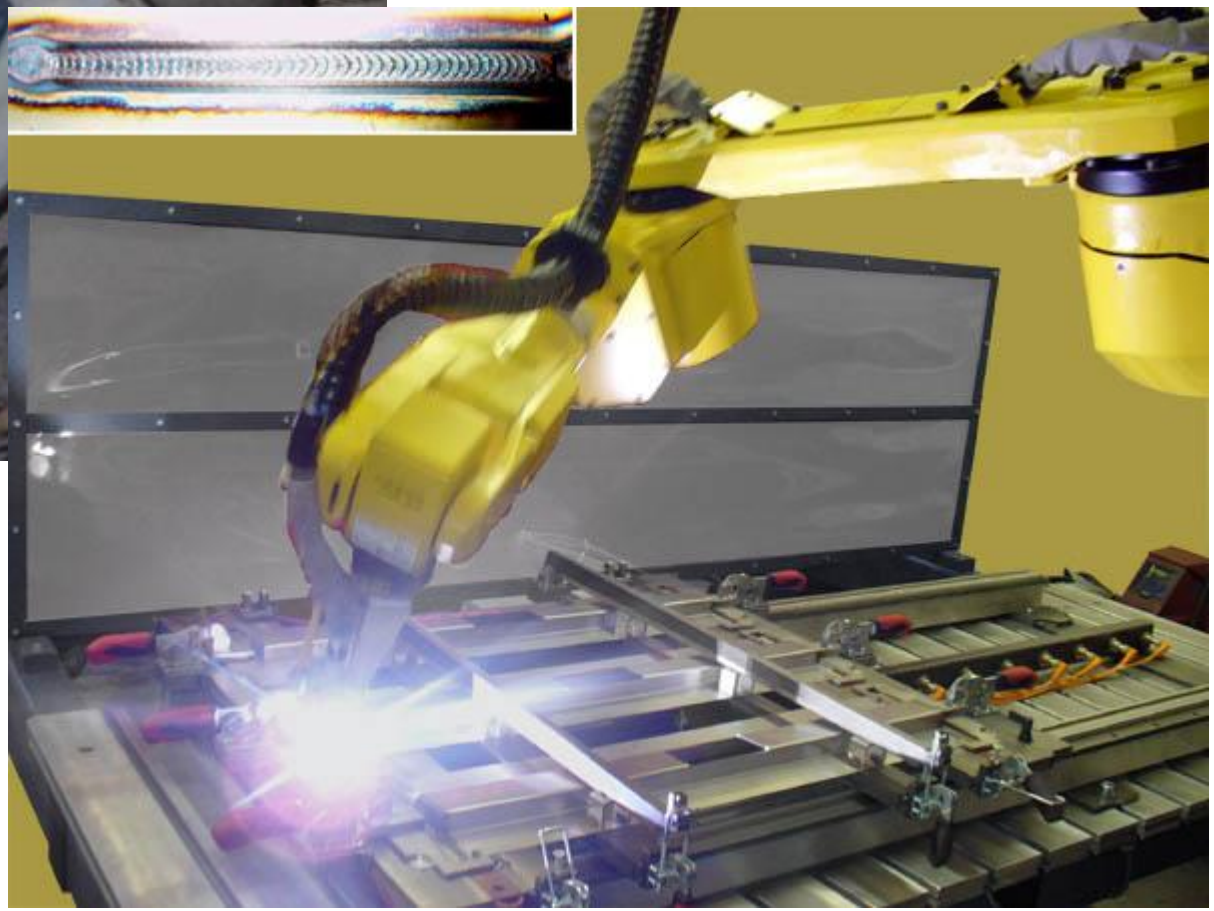


Автоматическая сварка под слоем флюса (АДС$_ф$)



Автоматическая сварка





Автоматическая сварка

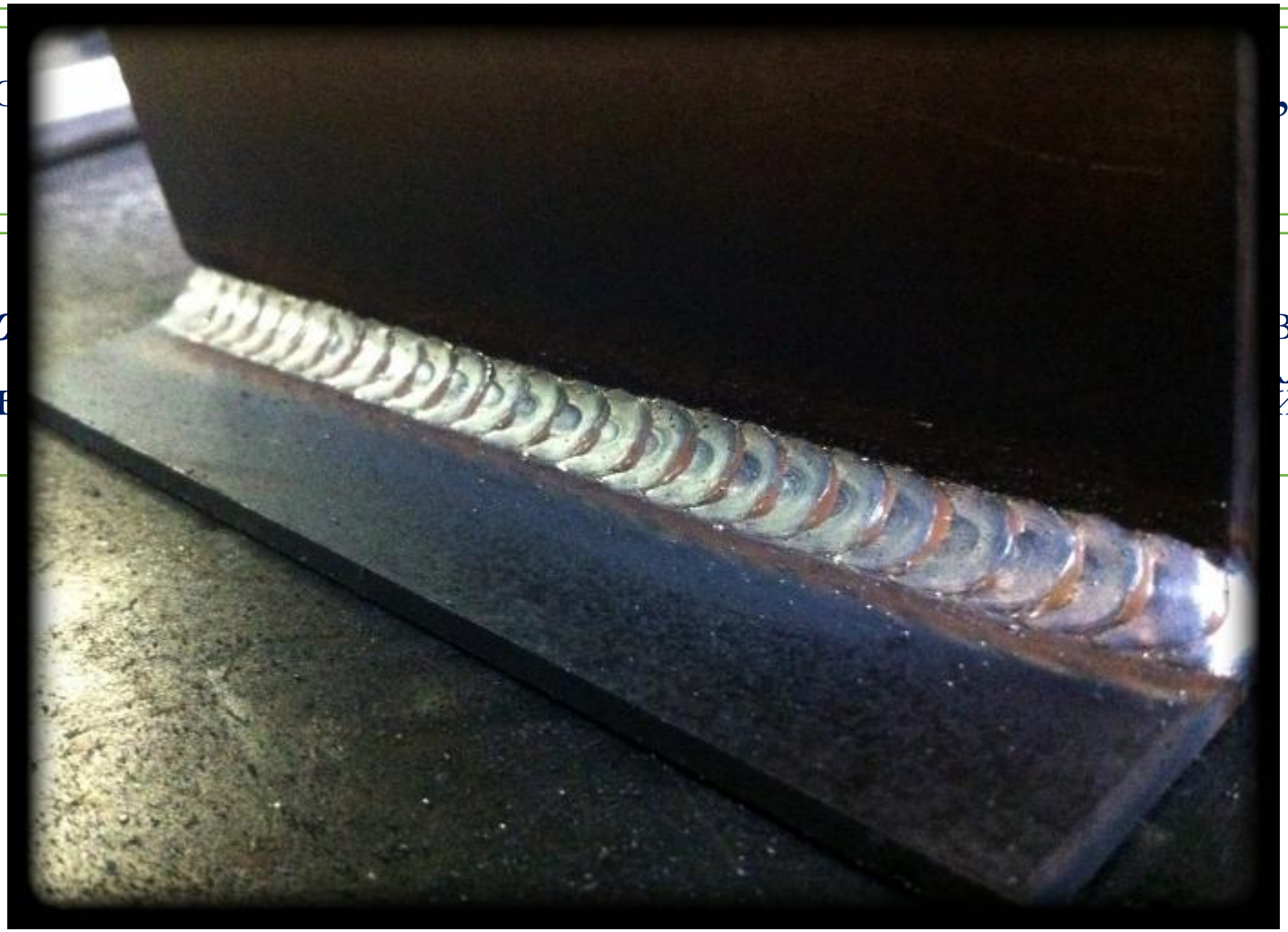
Основные типы сварных соединений и швов

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

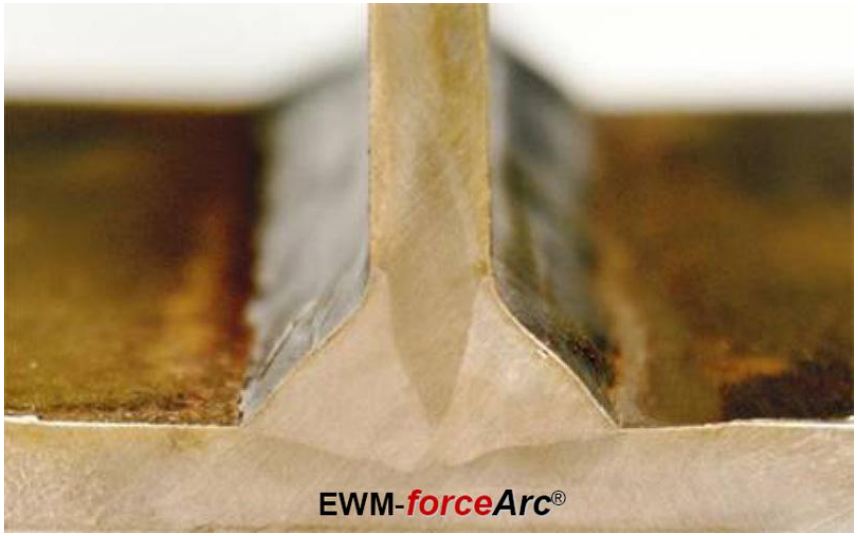
Сварно , участок

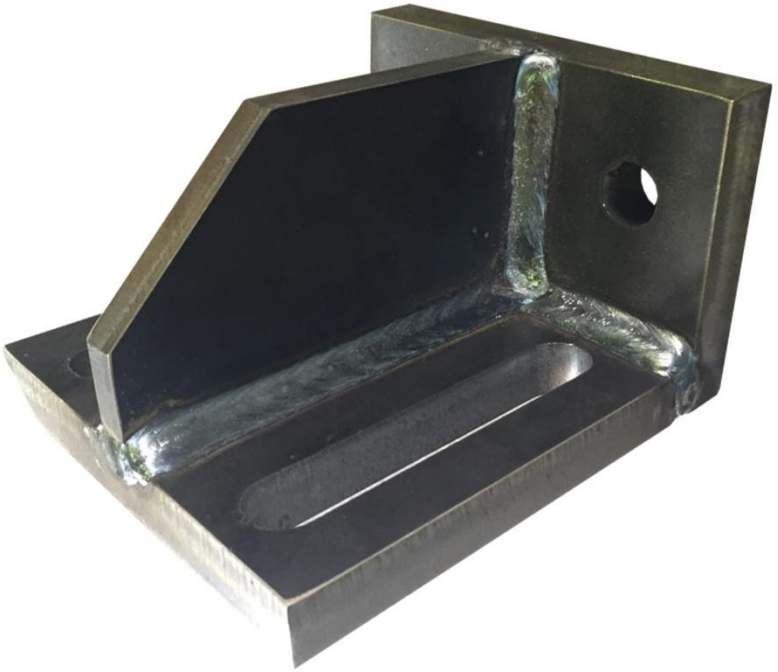
Сварно вшийся в

резул й ванны

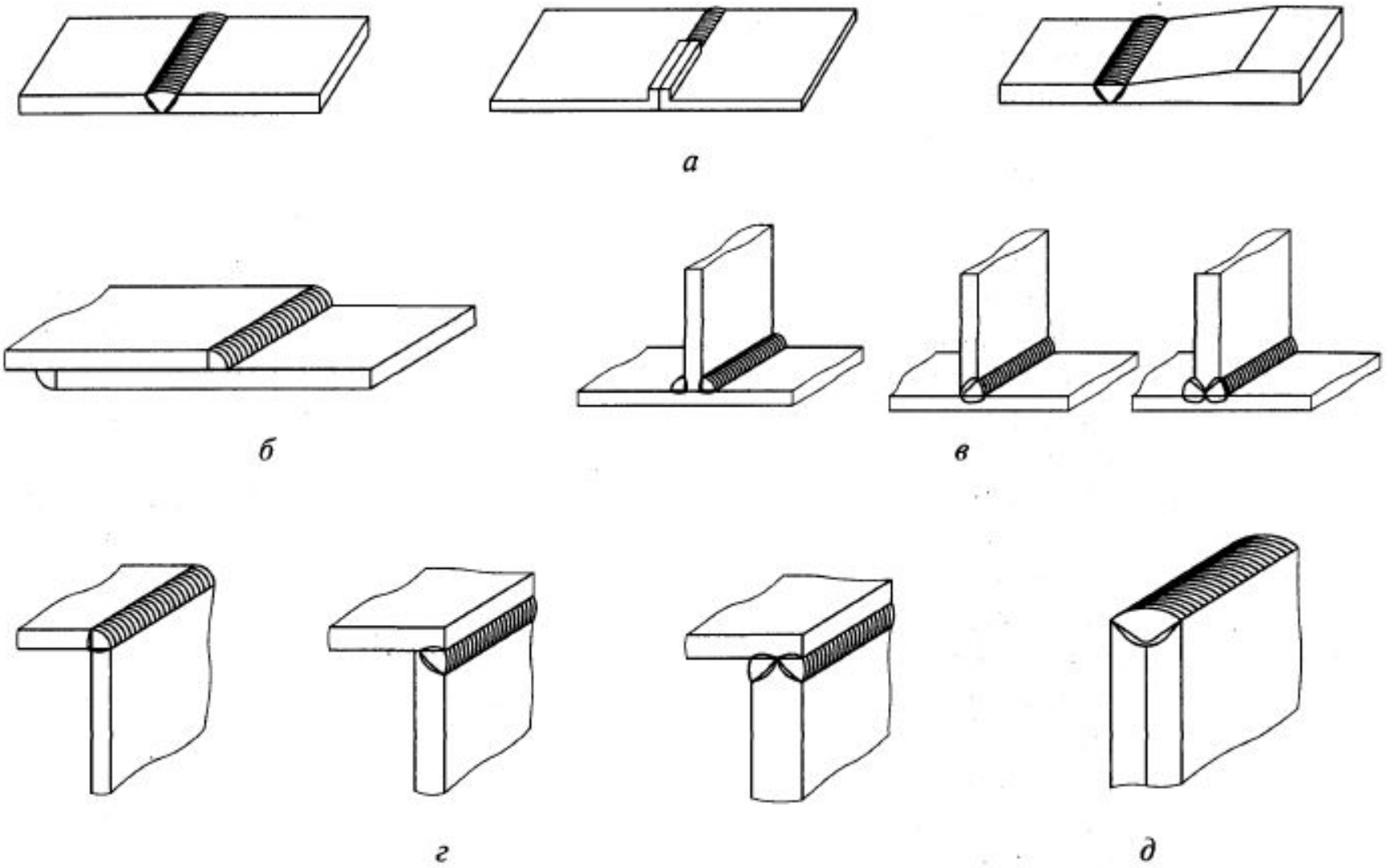


Классификация сварных соединений и швов



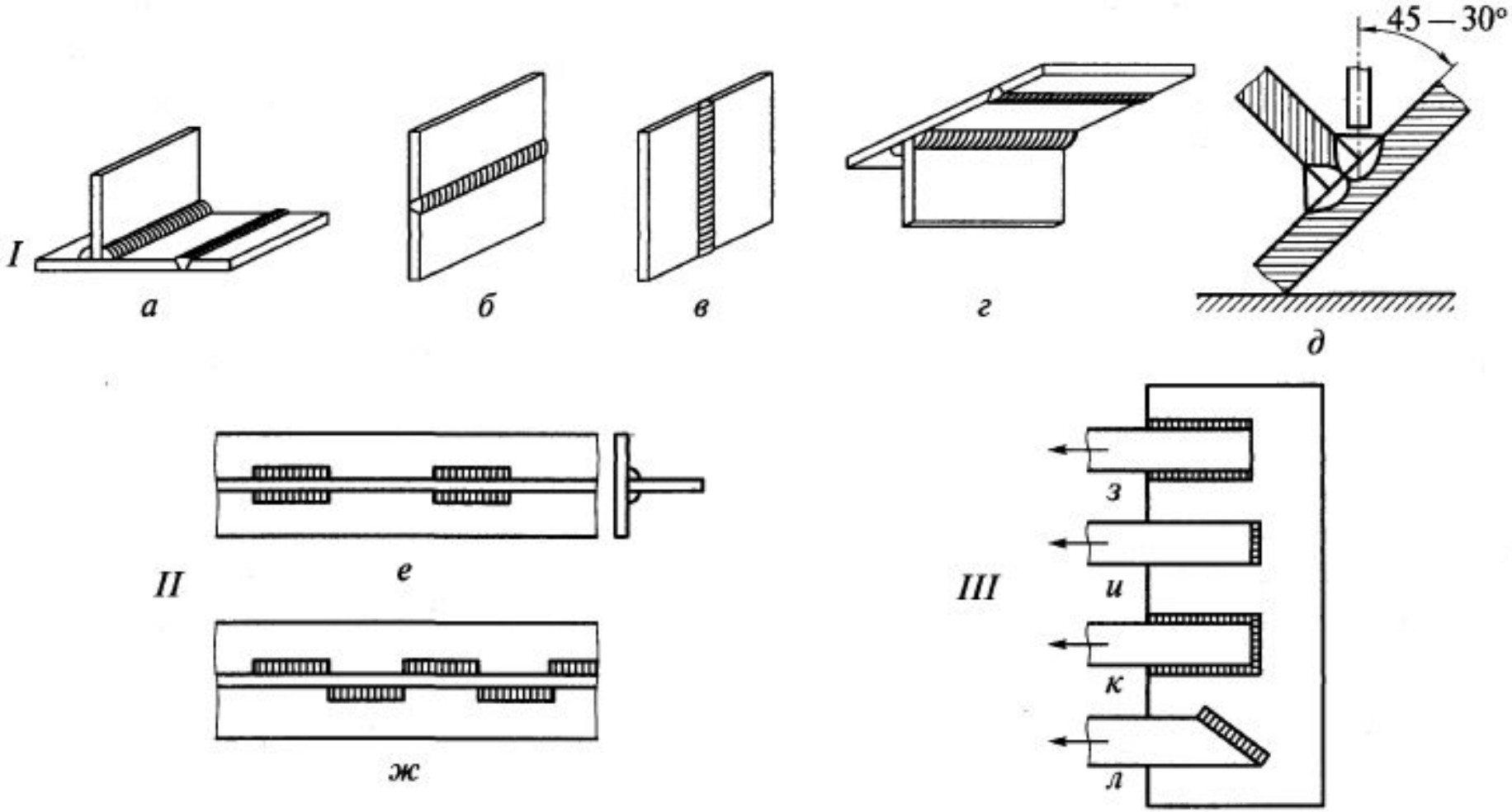


Классификация сварных соединений и швов



а – стыковые
б - нахлесточные
в – тавровые; г – угловые; д - торцевые

Классификация сварных соединений и швов

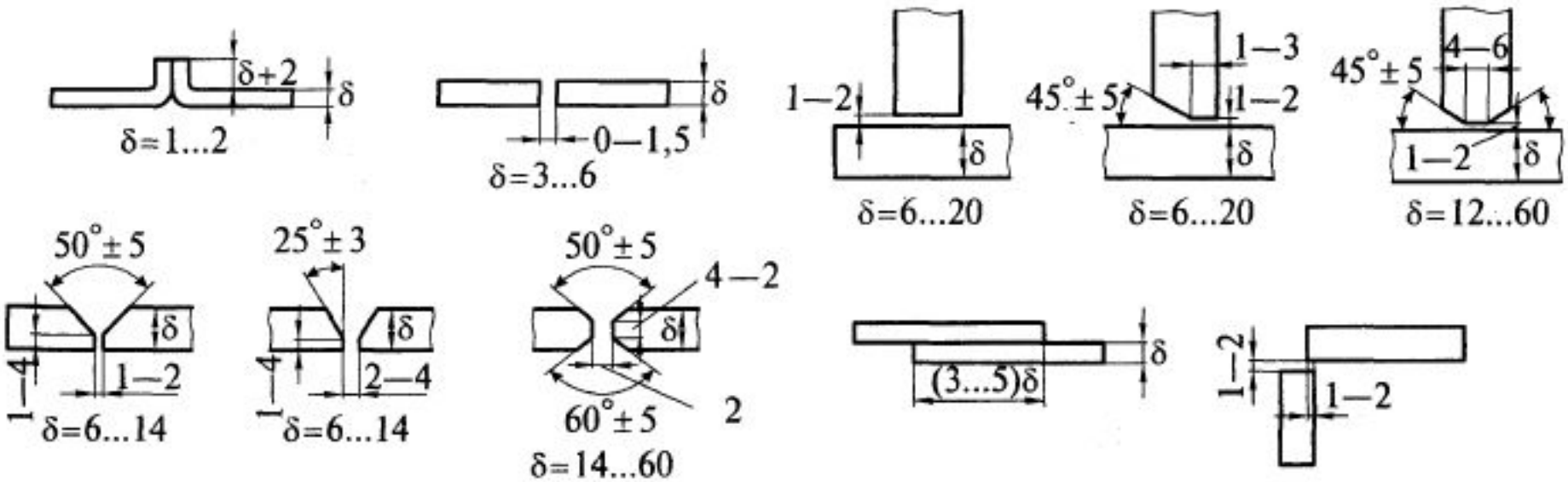


I – по положению в пространстве; II – по протяженности;

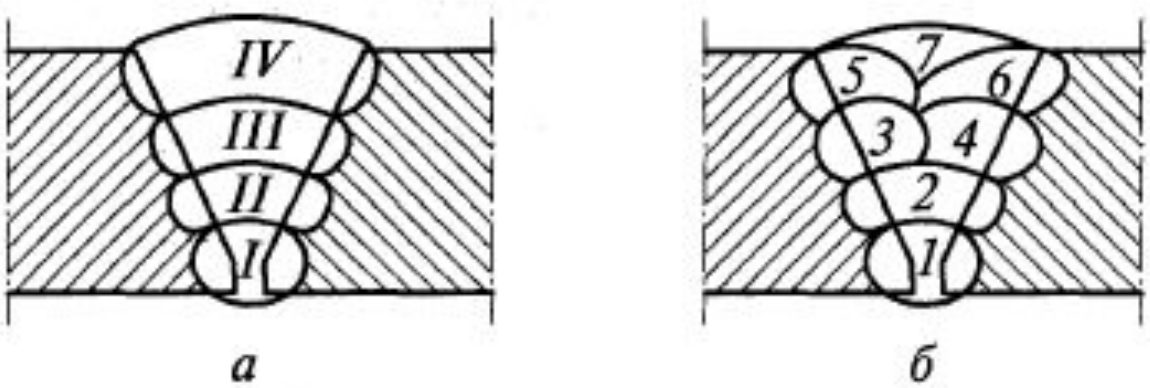
III – по отношению к направлению действия усилия

Классификация сварных соединений и швов

Разделка кромок под сварку элементов



с отбортовкой; без разделки кромок; с разделкой

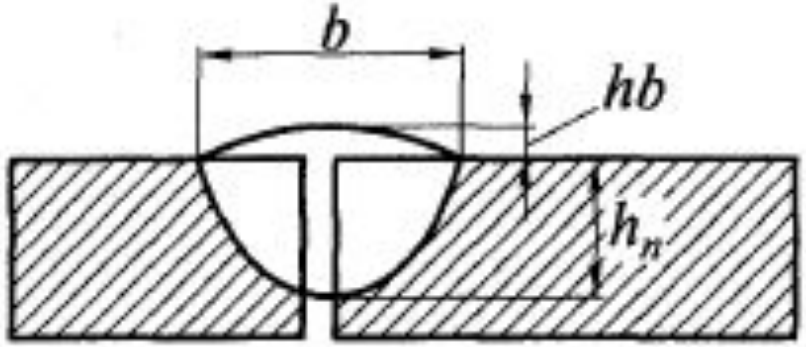


а – многослойный

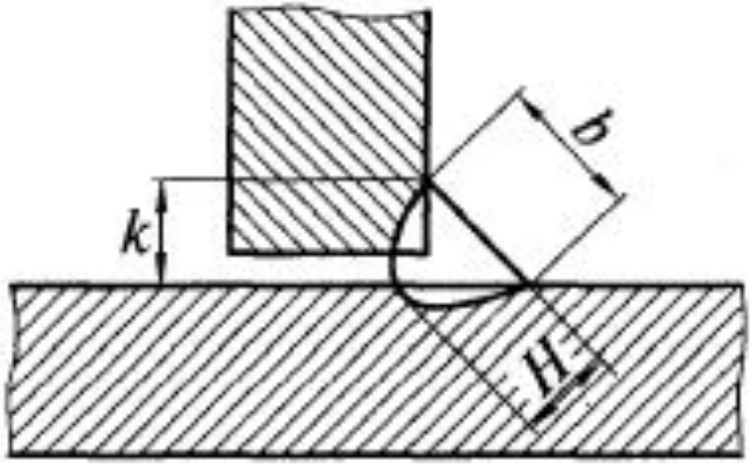
б – многопроходный

Зазор; притупление; угол скоса кромок

Геометрические параметры сварных швов



а



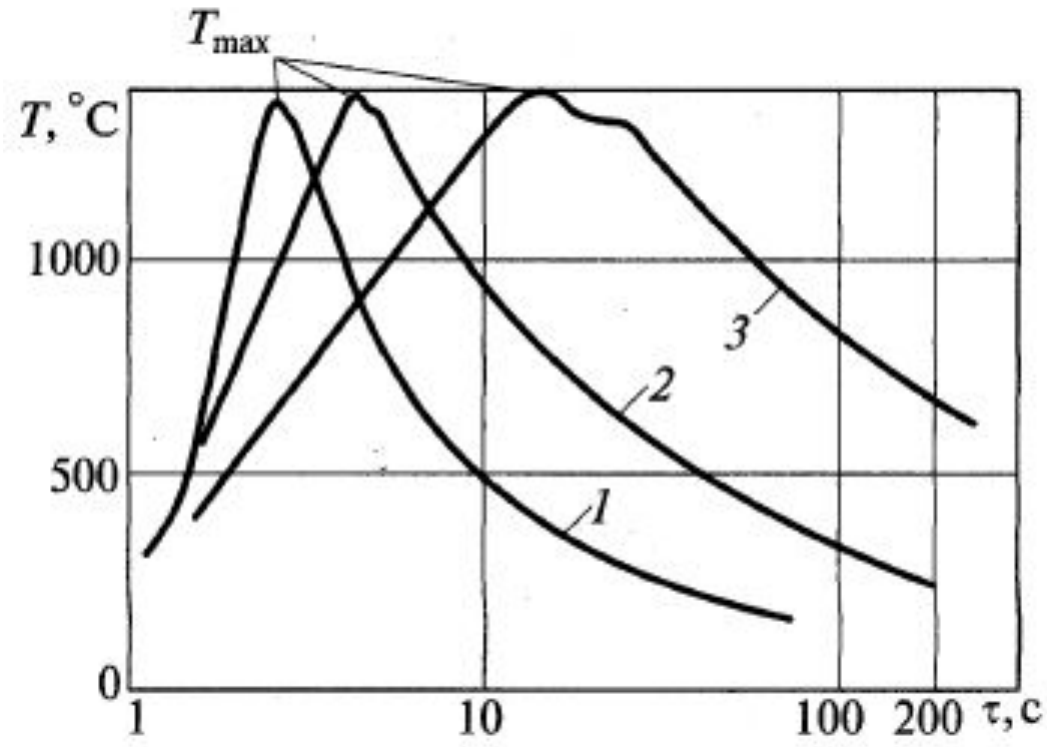
б

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

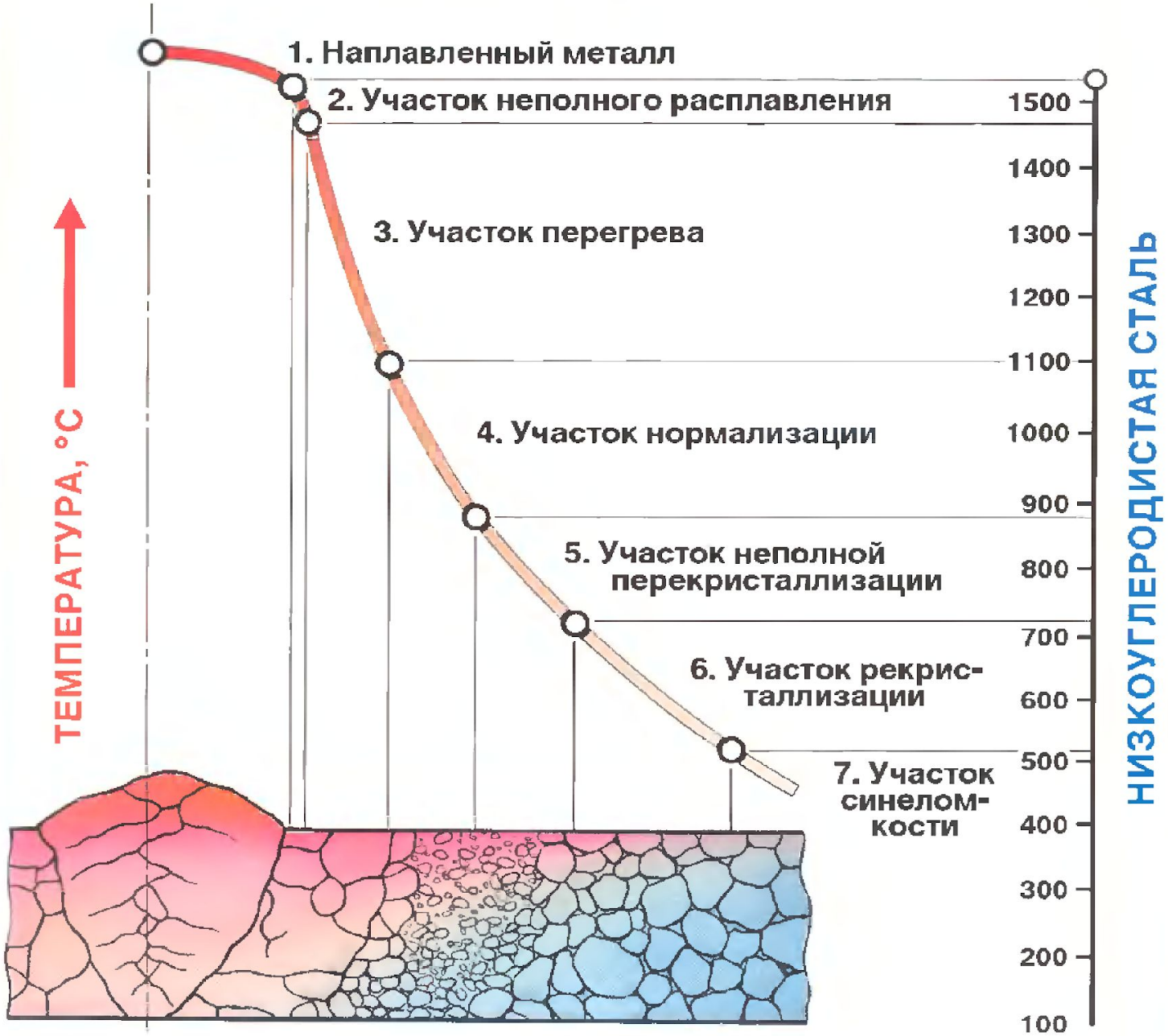


T_{max} – максимальная температура

$v_н$, $w_{охл}$

τ – продолжительность нагрева выше определенной температуры Т

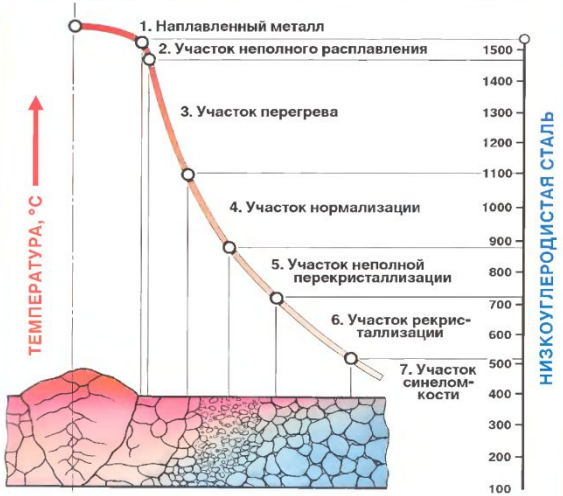
Зона термического влияния



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

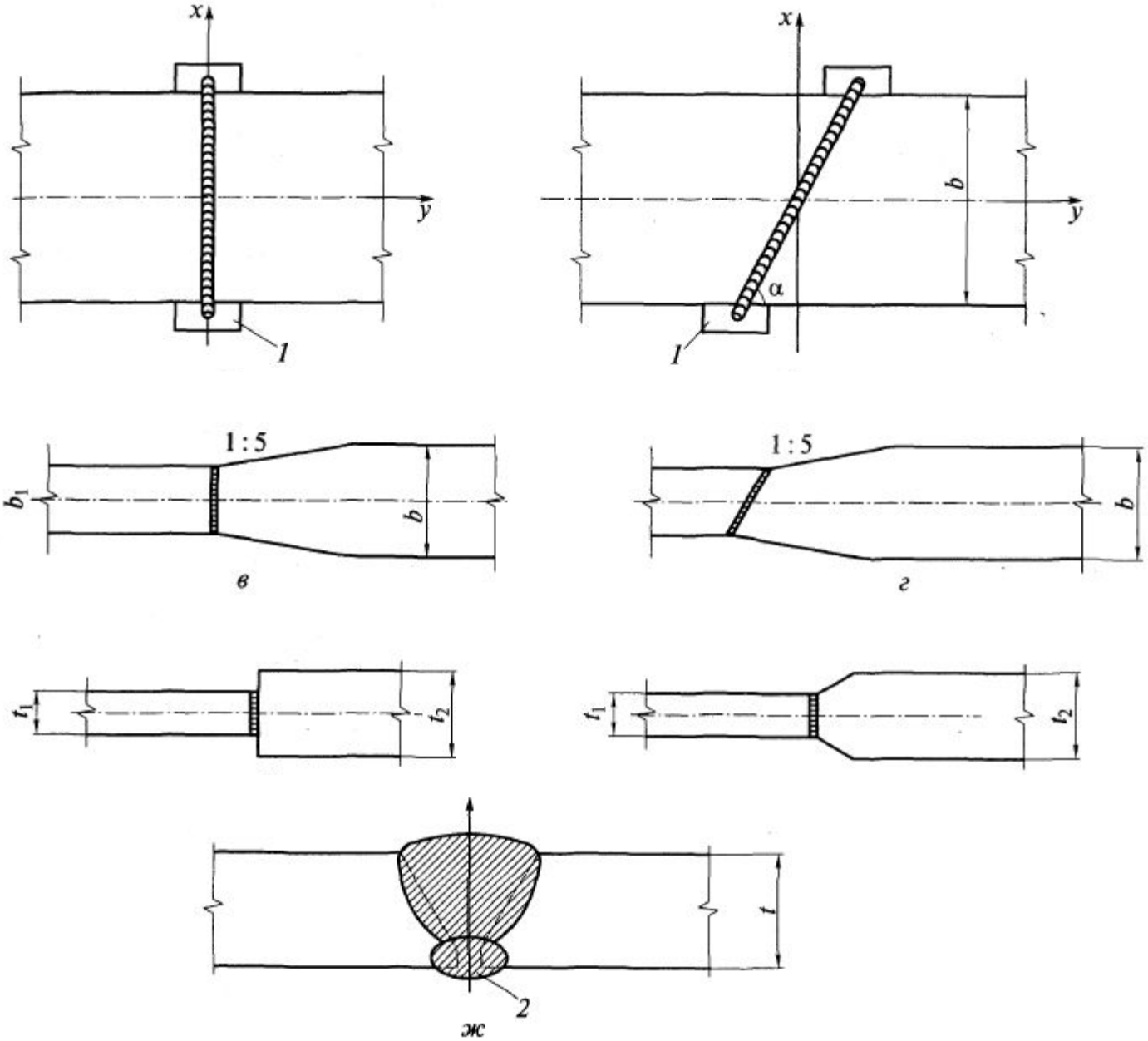
Прочность шва зависит от прочности основного металла и металла шва

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

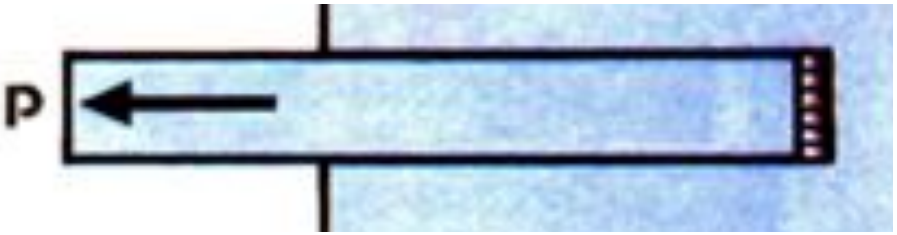
Работа стыкового сварного соединения

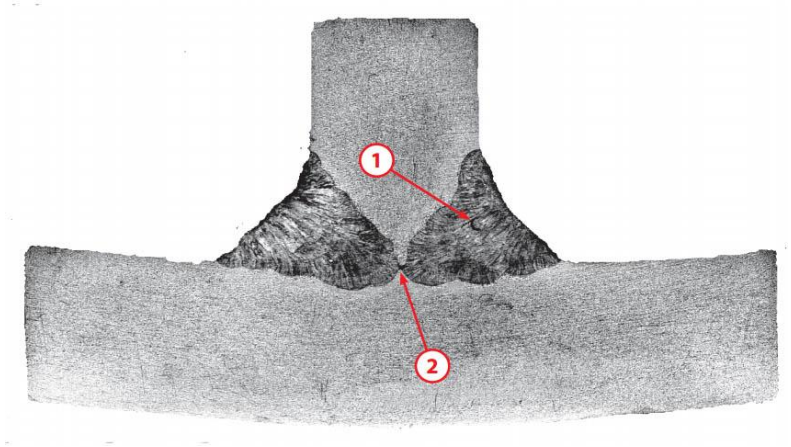


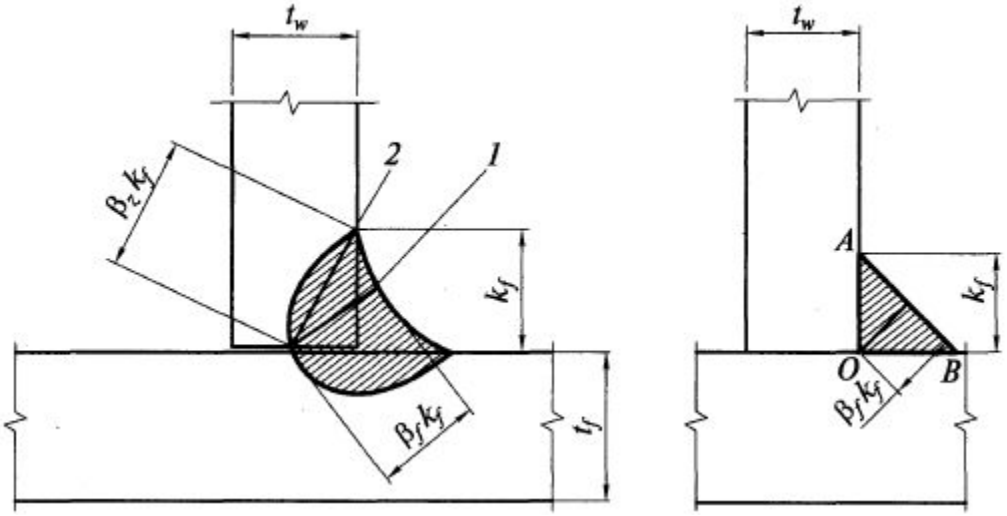
Работа сварного соединения с угловыми швами

Фланговые швы

Лобовые швы

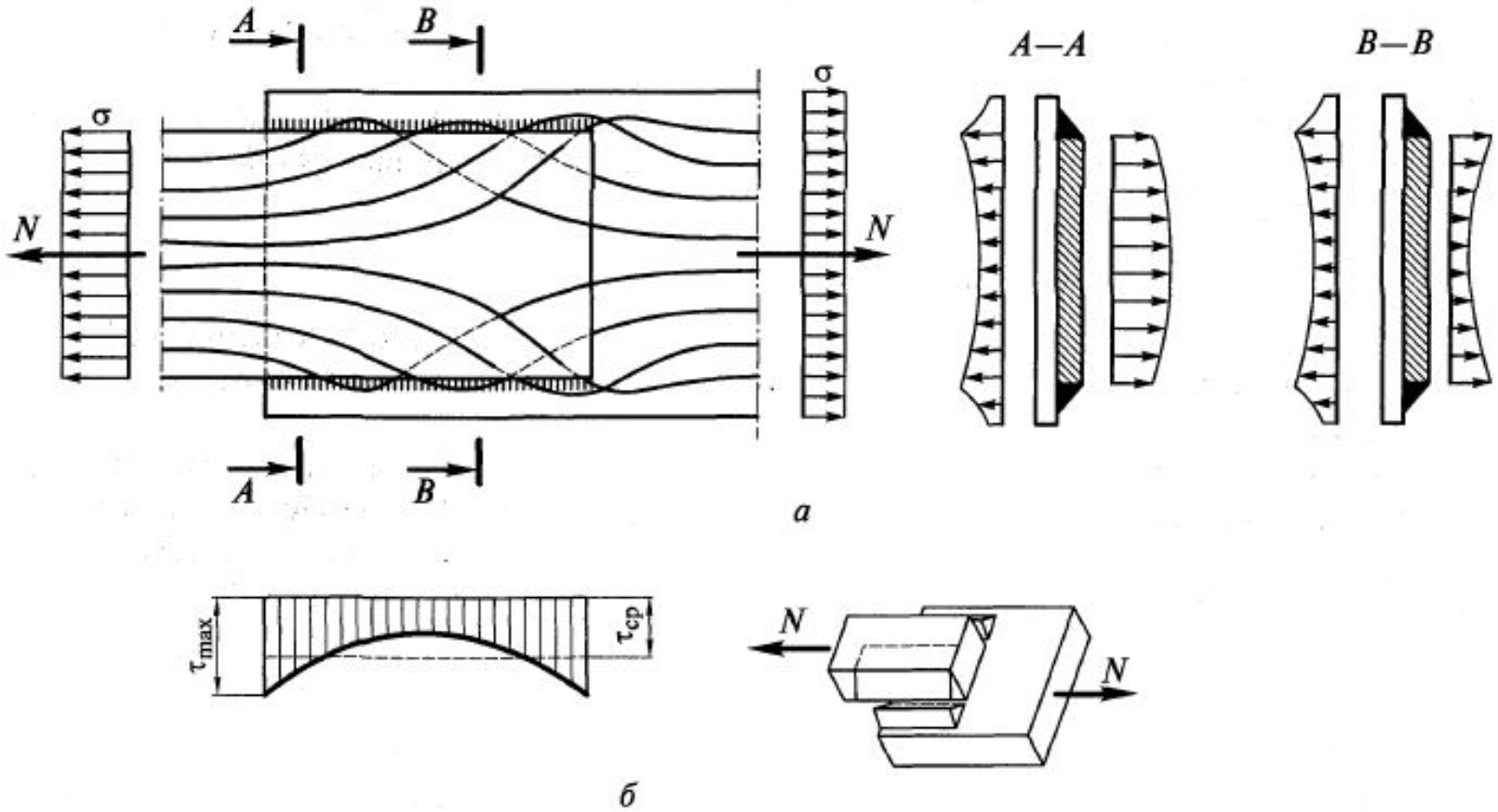






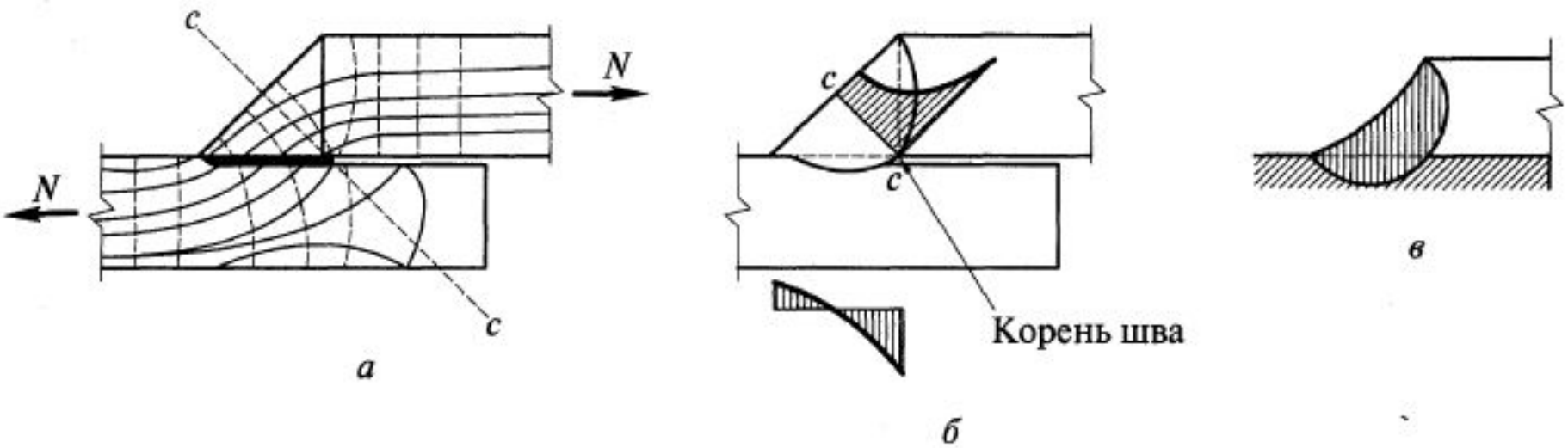
Работа сварного соединения с угловыми швами

Фланговые швы



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)

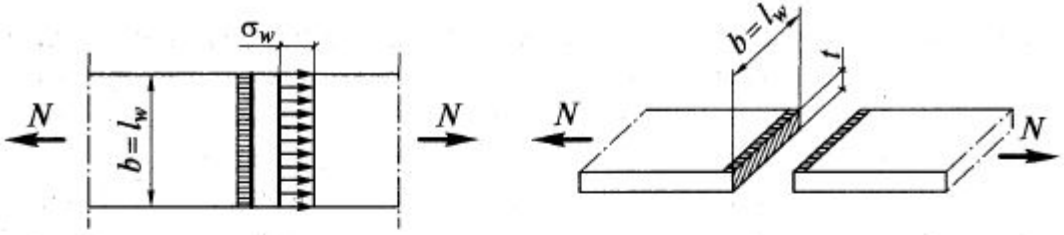
Сварочные материалы (электрод, проволока, флюс и т.д.)

Характеристики основного металла

Способ сварки

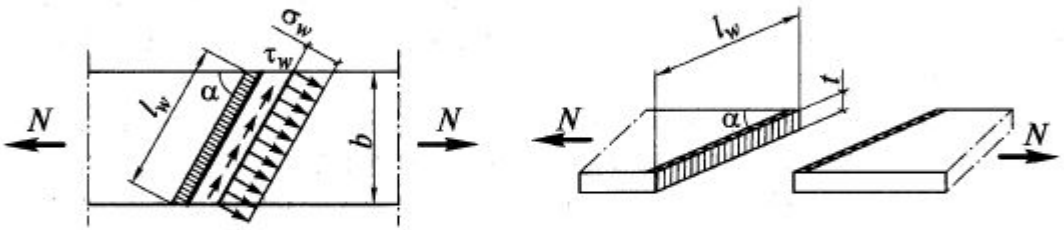
СП 16.13330.2017 Разделы 5, 6; Приложение Г

Расчет стыковых сварных соединений



а

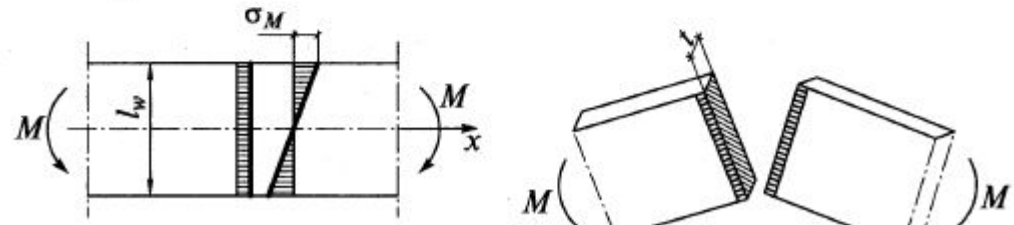
$$\frac{N}{t \cdot l_w} \le R_{wy} \cdot \gamma_c$$



б

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

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



в

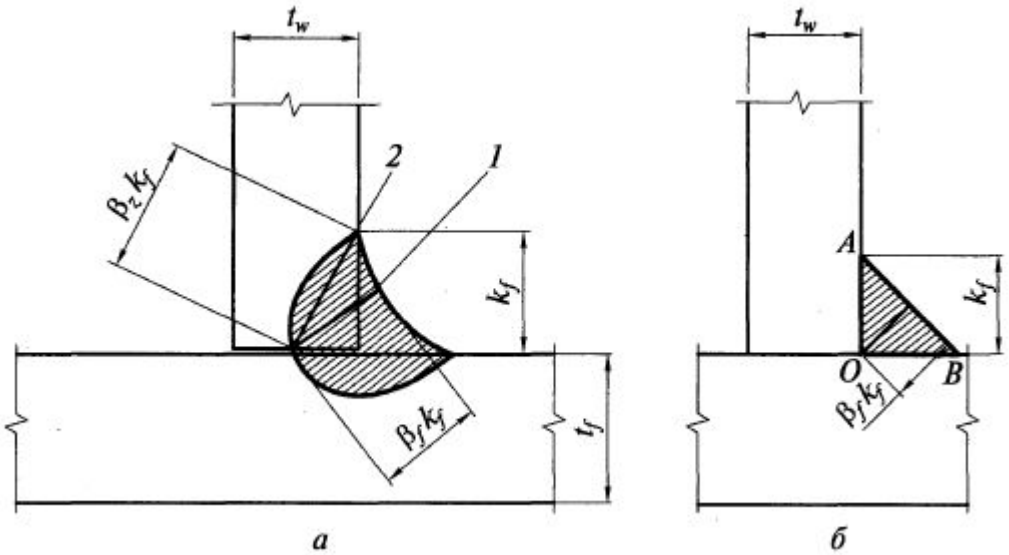
$$\sigma_w = \frac{M}{W} \le R_{wy}\gamma_c$$

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

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

СП 16.13330.2011 Раздел 6; Приложение Г

Расчет соединений с угловыми швами

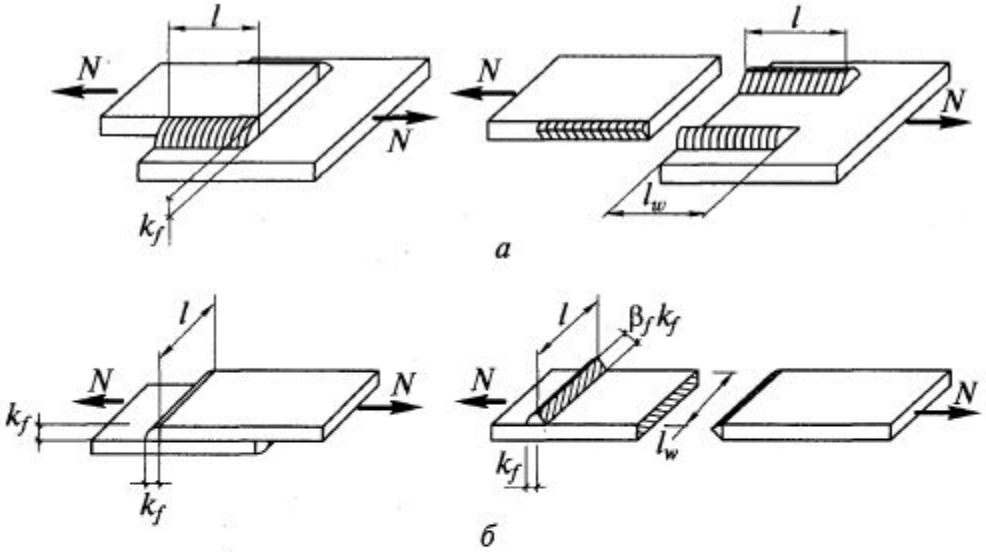


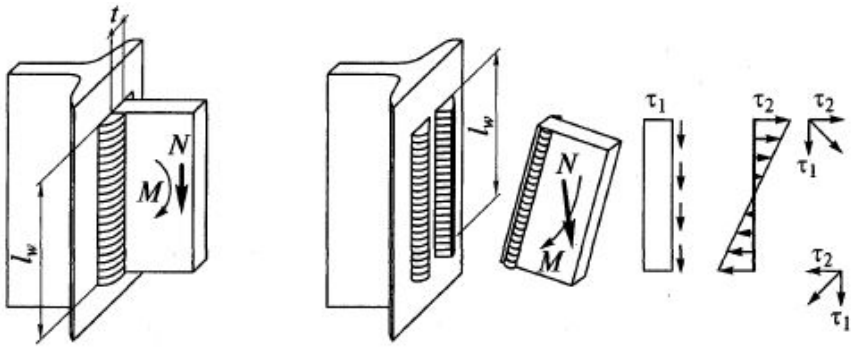
Металл сварного шва (сечение 1)

$$\tau_{wf} = N \big/ \left(\beta_f \cdot k_f \cdot l_w\right) \le R_{wf} \cdot \gamma_c$$

Металл границы сплавления (сечение 2)

$$\tau_{wf} = N \big/ \left(\beta_z \cdot k_f \cdot l_w\right) \le R_{wz} \cdot \gamma_c$$





СП 16.13330.2011

Раздел 6; Приложение Г