

Сварка. Преимущества. Сборка.

Сварка — это технологический процесс получения неразъемного соединения металлических или неметаллических деталей с применением нагрева (до пластического или расплавленного состояния), выполненного таким образом, чтобы место соединения по механическим свойствам и своему составу по возможности не отличалось от основного материала детали.

При соединении деталей с помощью сварки плавлением к расплавляемой области подводят присадочный материал, который заполняет свариваемое место. Затвердевший после сварки металл, соединяющий сваренные детали, называют **сварным**

Сварочное производство - одна из важных отраслей техники. Объем изготовленных сварных конструкций за последние 50 лет вырос более чем в 50 раз. Наибольший удельный вес в России занимает сварка плавлением.

Масса сварных конструкций составляет 50% от массы конструкций в автомобиле.

Трудоемкость сварных работ равна 20% от трудоемкости изготовления автомобиля.

Преимущества (по сравнению с болтовыми и заклепочными соединениями):

1) экономия металла до 30%;

2) повышение производительности труда на 20-25%;

3) автоматизация процесса;

4) возможность применения:

для наплавки изношенных поверхностей деталей;

для устранения дефектов (трещины, раковины и др.);

5) близкие к сварке процессы используются при резке металлов (плазменная резка и др.)

Преимущества

- - простота конструкции сварного шва и меньшая трудоемкость в изготовлении, обусловленной сравнительной простотой технологического процесса сварки.
- - значительное снижение массы конструкции при тех же габаритах. При замене заклепочных соединений сварными экономия в весе получается за счет отказа от применения различных накладок, необходимых в заклепочных соединениях, а также части веса самих заклепок;
- - возможность соединения деталей любых форм;
- - герметичность и плотность соединения;
- - бесшумность технологического процесса сварки;
- - возможность автоматизации сварочного процесса;
- - сварное соединение дешевле заклепочного.
- - соединение деталей может выполняться встык без накладок.
- - возможность сварки толстых профилей.

Недостатки

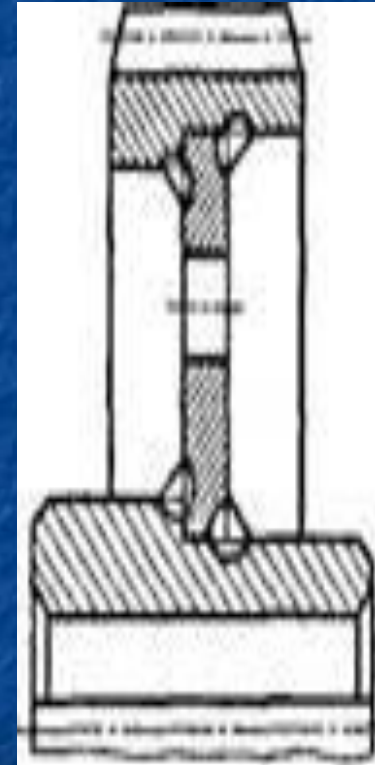
- - возникновение остаточных напряжений в свариваемых элементах;
- - коробление деталей из-за неравномерного нагрева в процессе сварки;
- - зависимость качества шва от исполнителя и трудность контроля; применение автоматической сварки устраняет этот недостаток.
- - склонность к образованию трещин в местах перехода от шва к цельному металлу вследствие термических напряжений, возникающих при остывании. Трещины особенно опасны при динамических нагрузках (вибрационных и ударных), поэтому в таких случаях сварные швы стараются не применять, заменяя их заклепочными соединениями. Термические напряжения могут быть частично или полностью устранены термообработкой сварного соединения (низкотемпературным отжигом). Термическая обработка исключает также последующее коробление сварных конструкций.

Основные виды электросварки — дуговая, газовая и контактная.

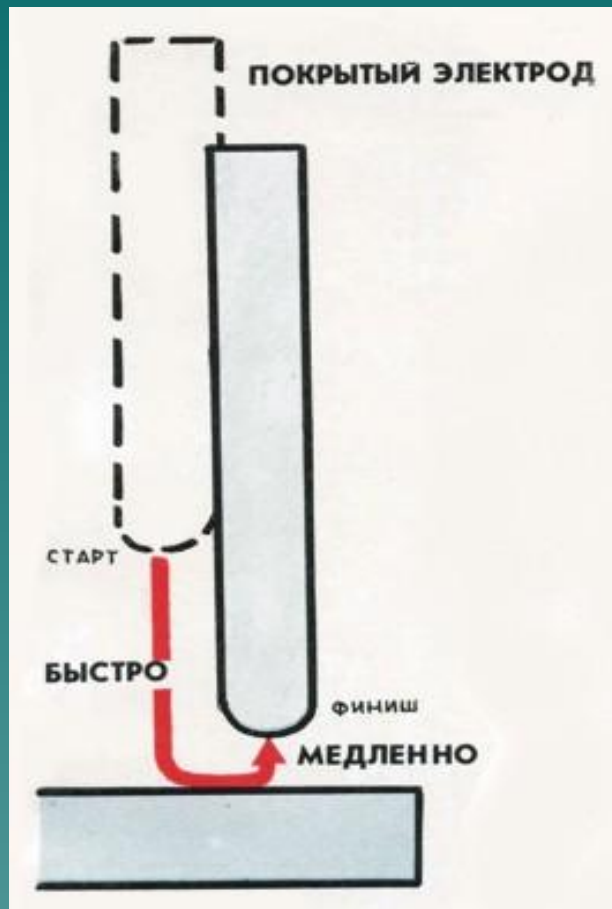
- Разновидности дуговой сварки:
- - *ручная сварка*; этот метод сварки отличается низкой производительностью, но легко доступен для применения;
- - *полуавтоматическая сварка под слоем флюса*; применяется для конструкций с короткими прерывистыми швами;
- - *автоматическая сварка под слоем флюса*; этот метод сварки высокопроизводителен и экономичен, дает хорошее качество шва, применяется в крупносерийном и массовом производстве.
- *Газовая сварка* применяется в основном там, где нет источников электроэнергии, например, при ремонте в полевых условиях.
- *Контактная сварка* применяется в серийном и массовом производстве при нахлесточном соединении тонкого листового металла (точечная, роликовая) или при стыковом соединении круглого и полосового (стыковая сварка).

Применение

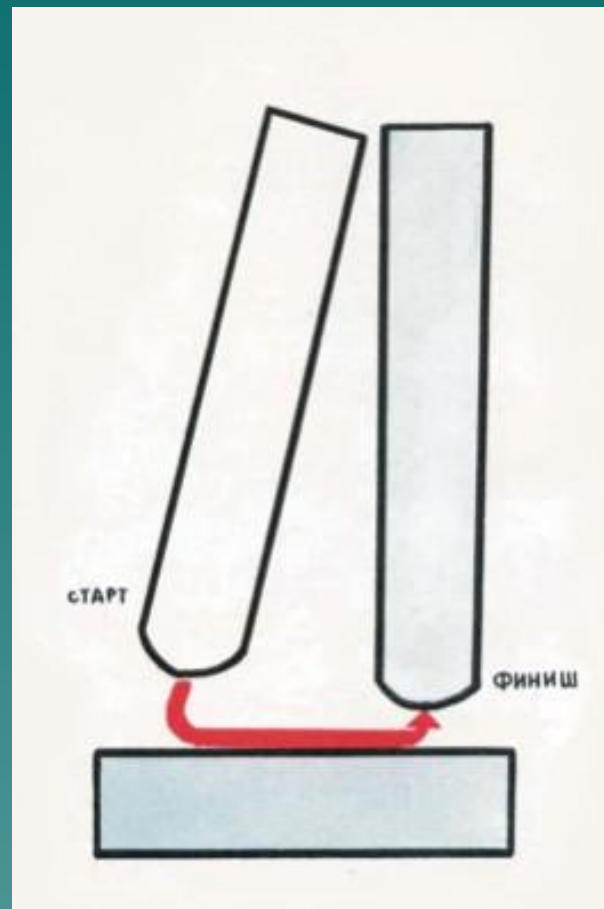
Сварка применяется для соединения элементов сосудов, испытывающих давление (резервуары, котлы); для изготовления турбин, доменных печей, мостов, химической аппаратуры; с помощью сварки изготавливают станины, рамы и основания машин, корпуса редукторов, зубчатые колеса шкивы, звездочки, маховики, барабаны и т. д. Сварку широко применяют как способ получения заготовок деталей из проката в мелкосерийном и единичном производстве, а также в ремонтном деле.



Возбуждение (возникновение) и горение дуги

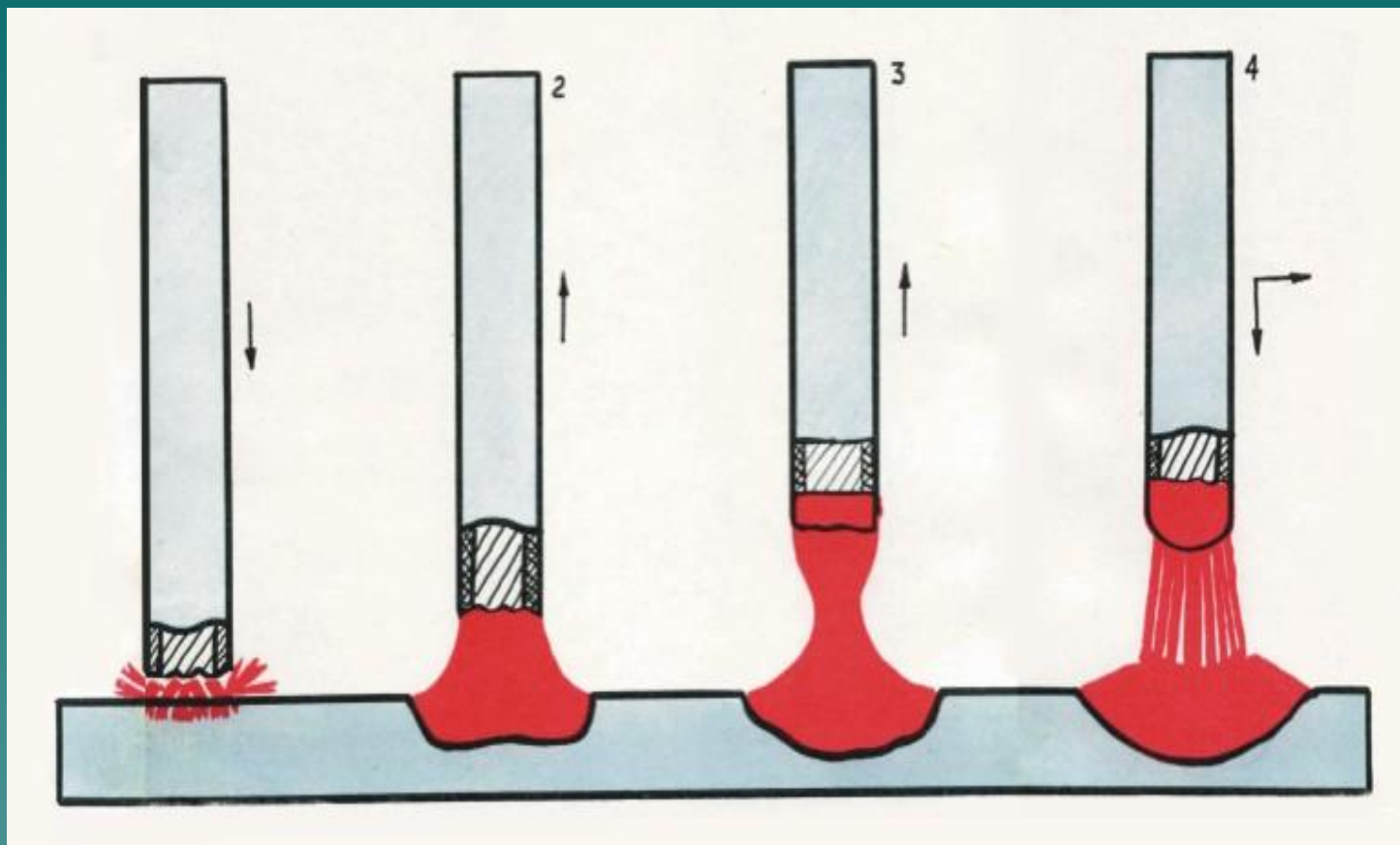


ВПРИТЫК



ЧИРКАНЬЕМ

Возбуждение (возникновение) и горение дуги



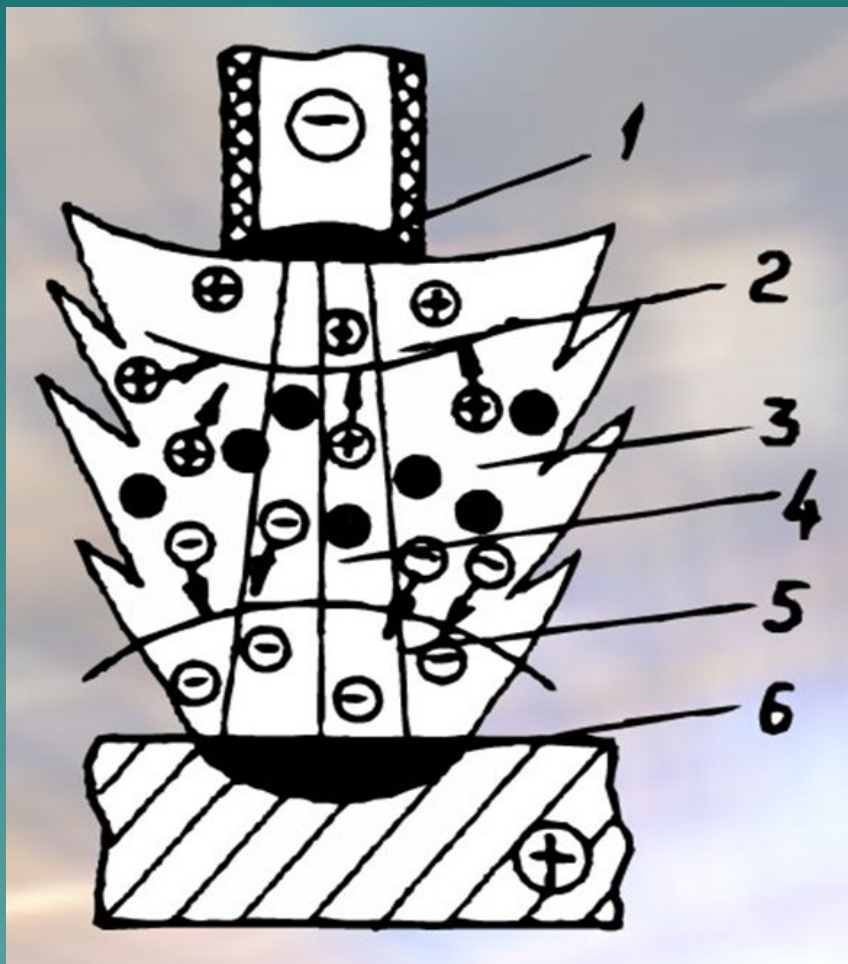
1 1. КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ

2 2. ОБРАЗОВАНИЕ ПРОСЛОЙКИ
ИЗ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

3 3. ОБРАЗОВАНИЕ ШЕЙКИ

4 4. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДУГИ И
СВАРОЧНОЙ ВАННЫ

- ◆ При всех способах электрической дуговой сварки для плавления сварочной проволоки и свариваемого металла используется тепловая энергия сварочной дуги.
- ◆ **Сварочной дугой** называется мощный устойчивый электрический разряд в ионизированной, токопроводящей газовой среде между электродом и свариваемым металлом.



1 – КАТОДНОЕ ПЯТНО $t=2000-2500^{\circ}\text{C}$.

2 – КАТОДНАЯ ЗОНА. ОБЪЕМНЫЙ ЗАРЯД ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.

3 – ИОНИЗИРОВАННАЯ ГАЗОВАЯ СРЕДА.

4 – СТОЛБ ДУГИ $t=7000-7500^{\circ}\text{C}$.

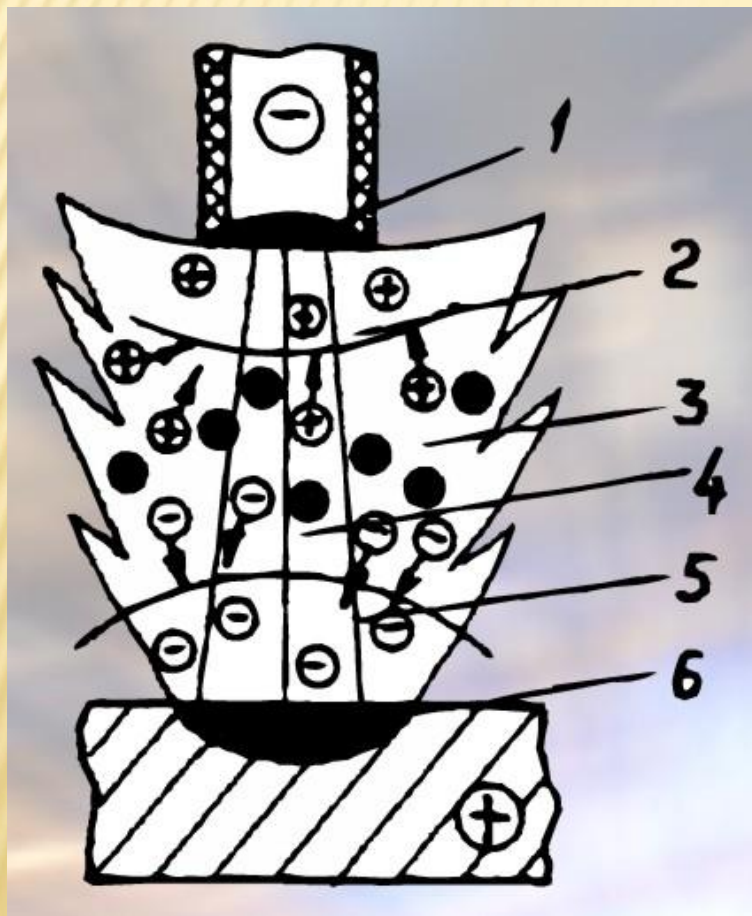
5 – АНОДНАЯ ЗОНА. ОБЪЕМНЫЙ ЗАРЯД ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.

6 – АНОДНОЕ НАГРЕТОЕ ПЯТНО $t=2500-3000^{\circ}\text{C}$.

СТРОЕНИЕ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

При всех способах электрической дуговой сварки для плавления сварочной проволоки и свариваемого металла используется тепловая энергия сварочной дуги.

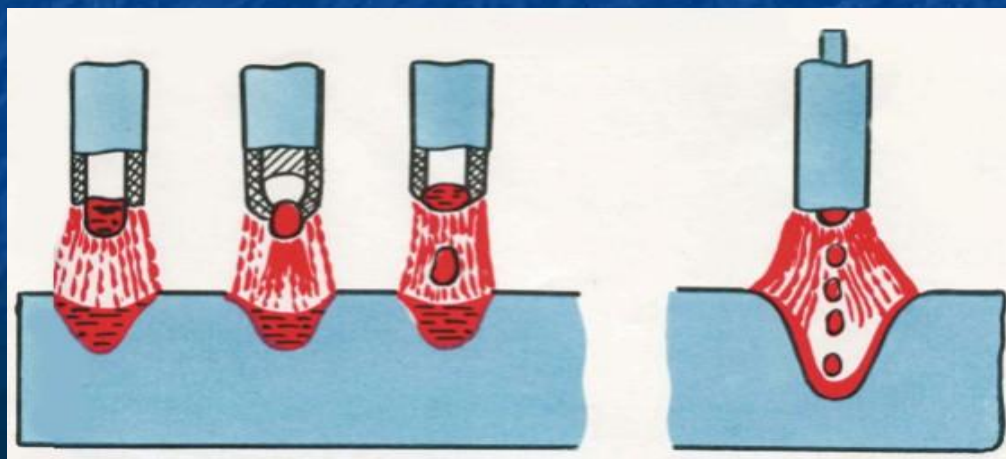
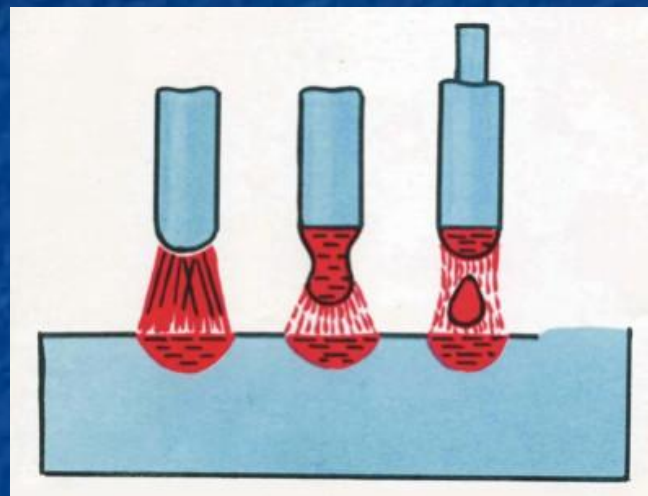
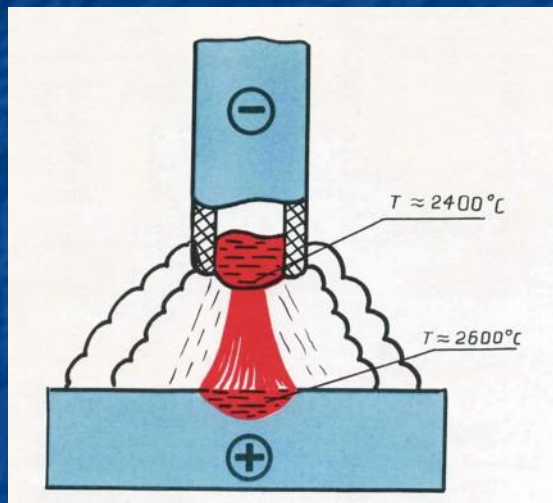
Сварочной дугой называется мощный устойчивый электрический разряд в ионизированной, токопроводящей газовой среде между электродом и свариваемым металлом.



- 1 – КАТОДНОЕ ПЯТНО $t=2000-2500^{\circ}\text{C}$.
- 2 – КАТОДНАЯ ЗОНА. ОБЪЕМНЫЙ ЗАРЯД ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.
- 3 – ИОНИЗИРОВАННАЯ ГАЗОВАЯ СРЕДА.
- 4 – СТОЛБ ДУГИ $t=7000-7500^{\circ}\text{C}$.
- 5 – АНОДНАЯ ЗОНА. ОБЪЕМНЫЙ ЗАРЯД ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.
- 6 – АНОДНОЕ НАГРЕТОЕ ПЯТНО $t=2500-3000^{\circ}\text{C}$.

- **Сварочная ванна** образуется из расплавленного основного и электродного металла.
- При остывании металла сварочной ванны происходит его первичная и вслед за ней вторичная кристаллизация.
- **Кристаллизация** – это образование кристаллов металла из жидкого расплава.
- При изменении температуры в затвердевшем металле кристаллы теряют свою первоначальную форму, превращаясь в зерна. Этот процесс называют вторичной кристаллизацией (**перекристаллизацией**)

Перенос расплавленного металла



- Выделяющееся при сварке тепло уходит в свариваемый металл через околошовные участки, называемые зоной термического влияния.
- От обычной термической обработки нагрев и охлаждение металла сварного соединения в зоне термического влияния отличается мощностью и кратковременностью теплового воздействия вызывающего различные структурные изменения в околошовной зоне.
- Свойства сварного соединения определяются свойствами металла шва и зоны термического влияния. Разрушения сварного соединения чаще всего происходят по этой зоне, где металл неоднороден и зачастую потерял пластичность.

В процессе сварки плавлением металл сварного соединения плавится под действием мощного концентрированного источника тепла (сварочной дуги или газового пламени)

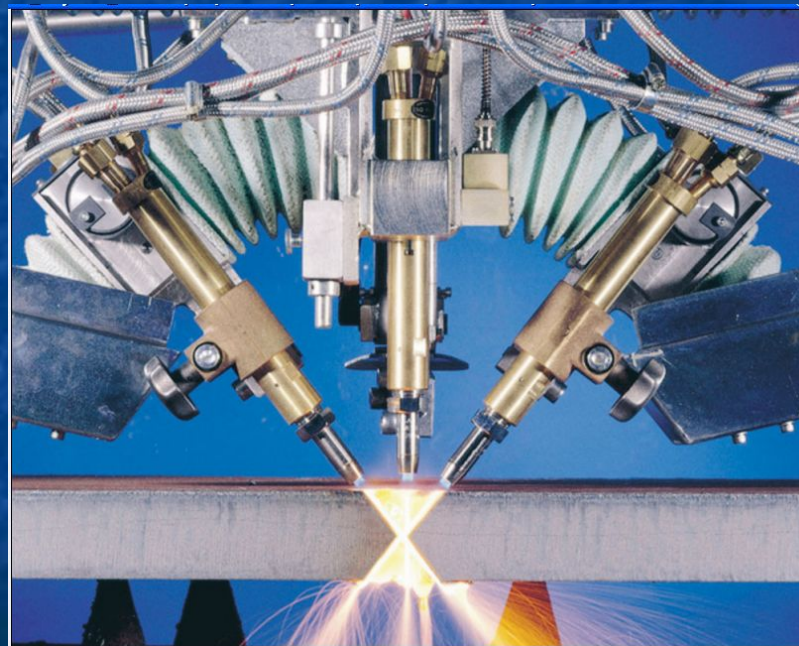
Металлургические процессы в сварочной ванне протекают в условиях, значительно отличающихся от условий, протекающих при выплавке стали.

Это объясняется малым объемом расплавленного металла и быстротой происходящих в нем явлений

Подготовка кромок

Форма подготовки кромок зависит от

- ❖ толщины свариваемых деталей
- ❖ способа сварки



Конструктивные элементы разделки кромок под сварку

δ – зазор; c – притупление;

β – угол скоса кромок;

α – угол разделки кромок.

1 – без разделки;

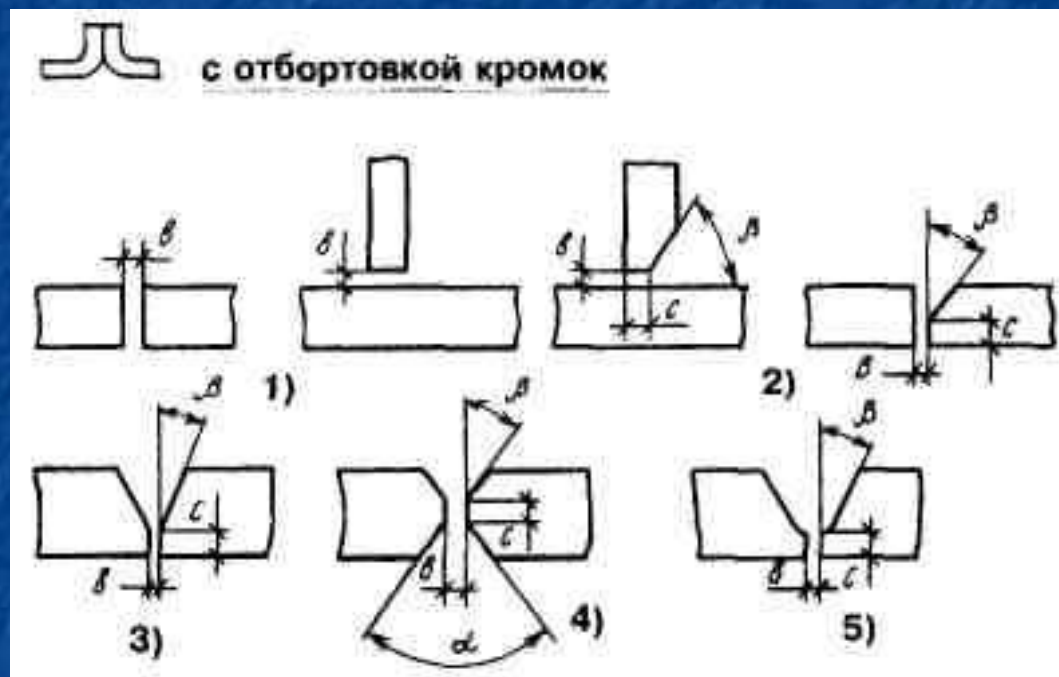
2 – с разделкой кромок
одной детали;

3 – V-образная разделка;

4 – X-образная разделка;

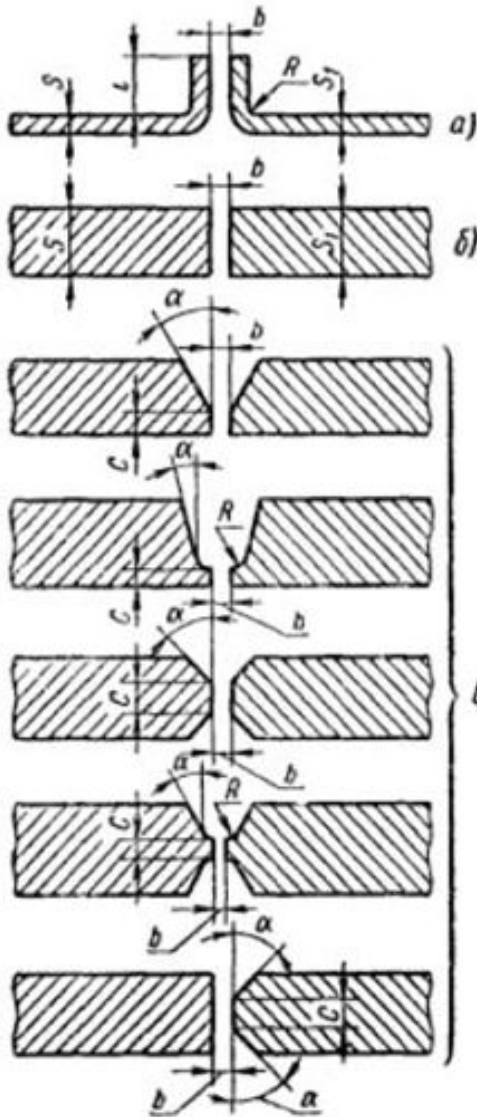
5 – U-образная разделка;

K-образная разделка.
(см. след. страницу)



Формы разделок кромок деталей и их конструктивные элементы

Размеры конструктивных элементов определяются стандартом на соответствующий способ сварки (ГОСТ 5264, 14771, 8713, 16037 и т. д.)



⇒
Формы разделок кромок угловых соединений и параметры шва:

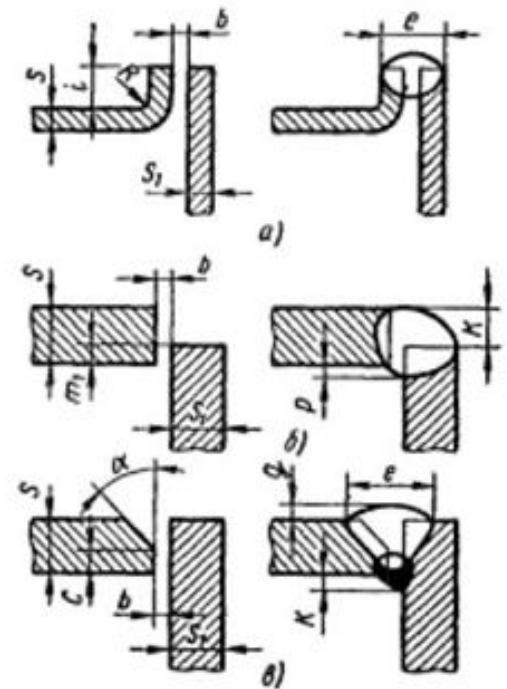
а – с отбортовкой кромок,
б – без разделки кромок,
в – с разделкой кромок

⇐
Формы разделок кромок стыковых соединений:

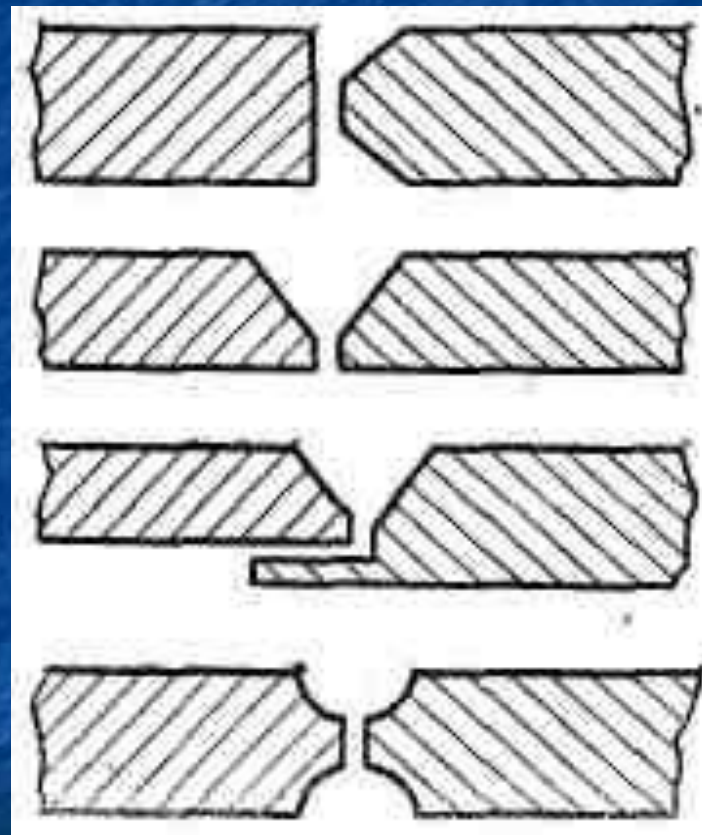
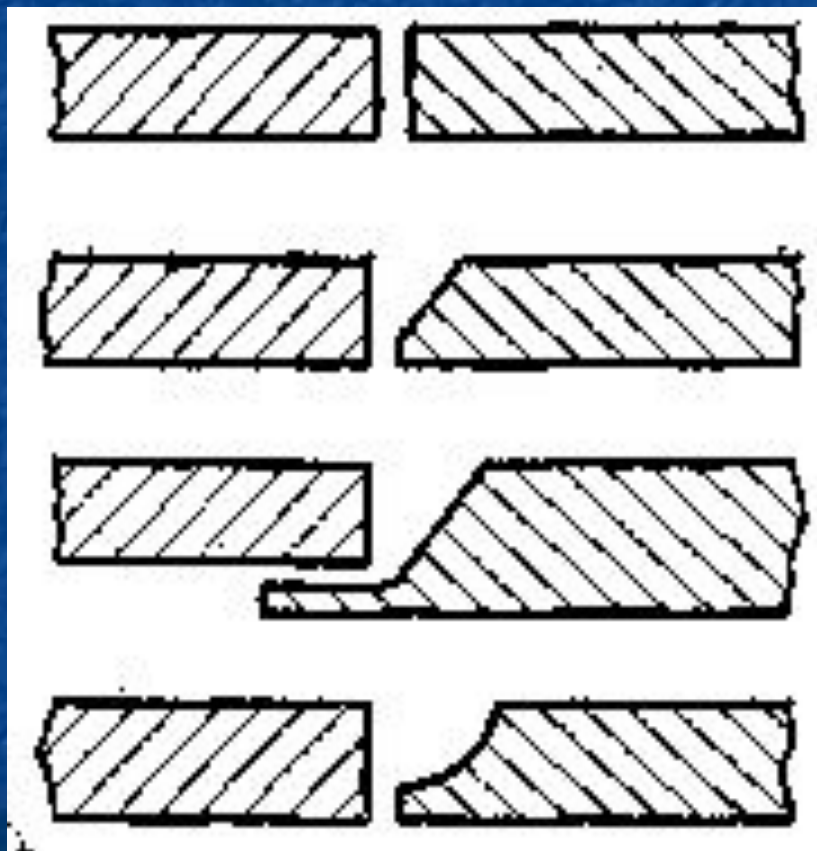
а – с отбортовкой кромок,
б – без разделки кромок,
в – с разделкой кромок:

Конструктивные элементы:

s – толщина металла, b – зазор между кромками, c – притупление кромки, α – угол скоса кромки.

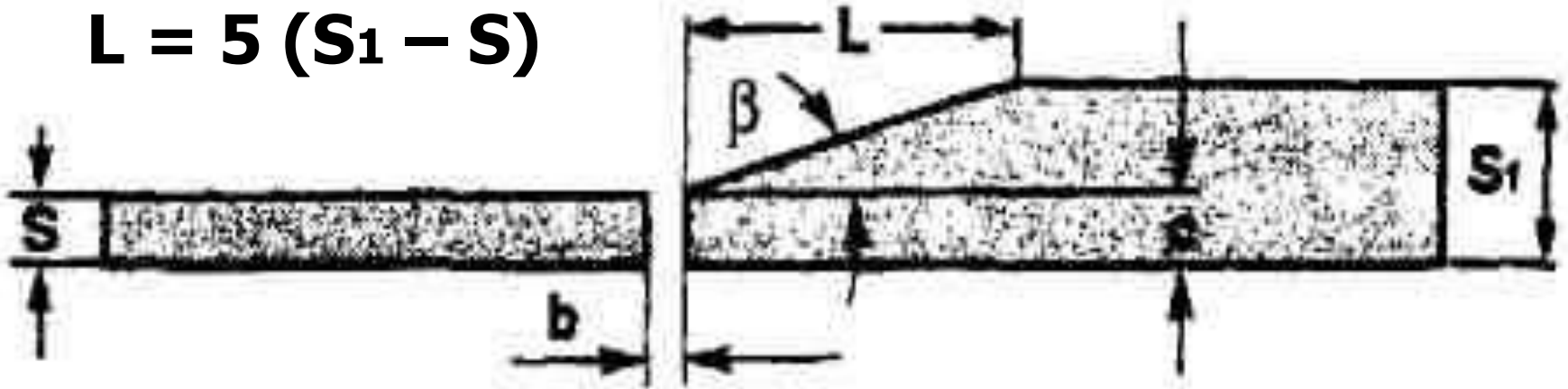


Форма подготовленных кромок под сварку стыковых изделий



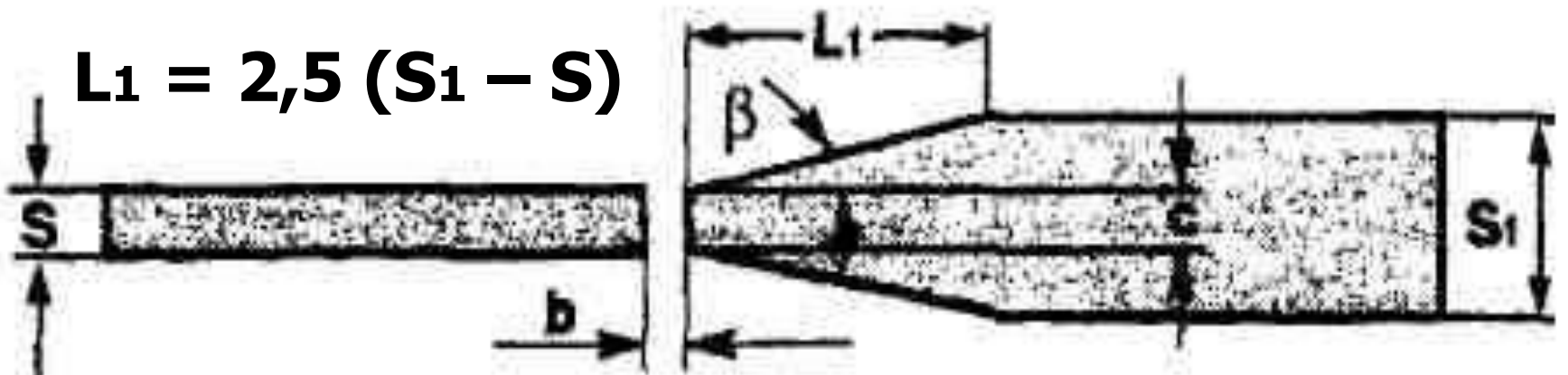
Подготовка кромок деталей разной толщины

$$L = 5 (S_1 - S)$$

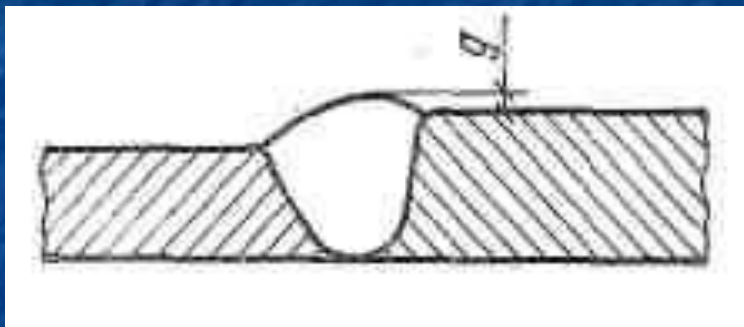


$$\beta = (15 \pm 2)^\circ$$

$$L_1 = 2,5 (S_1 - S)$$



Допустимая наибольшая разность толщин стыкуемых деталей , свариваемых без скоса кромок



- При разности в толщине свариваемых деталей (см. таблицу) можно производить сварку с плавным переходом шва от одной детали к другой.

Вид сварки	Толщина тонкой детали, мм	Разность толщин деталей
Ручная дуговая	1-4	1
	5-20	2
	21-30	3
	> 30	4
Под флюсом	2-4	1
	5-30	2
	31-40	4
	> 40	6
Дуговая в защитном газе	2-3	1
	4-30	2
	31-40	4
	> 40	6

Формы подготовки кромок СТЫКОВЫХ соединений

Форма подготовки кромок	Характер шва Форма поперечного сечения		Толщина деталей, мм	Способ сварки
	Кромки	Шва		
С отбортовкой	Односторонний		1 - 4	Р
			1.5 - 3	А
			1 - 3	Г
Без скоса кромок	Односторонний		1 - 6	Р
			2 - 12	А
			1 - 6	Г

Формы подготовки кромок

СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

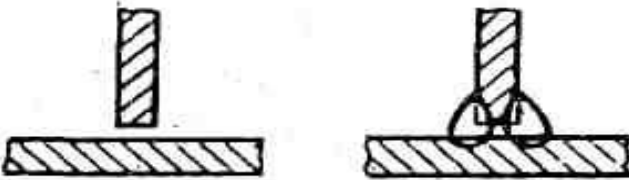
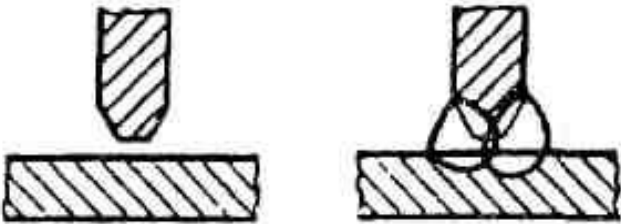
Форма подготовки кромок	Характер шва Форма поперечного сечения	Толщина деталей, мм	Способ сварки
	Кромки Шва		
Без скоса кромок	Двусторонний	3 - 8	Р
		20 - 60	А
		3 - 10	Г
С V-образным скосом кромок	Односторонний	3 - 60	Р
		8 - 24	А
		8 - 30	Г

Форма подготовки кромок	Характер шва		Толщина деталей, мм	Способ сварки
	Форма поперечного сечения	Кромки Шва		
С Х-образным скосом кромок	Двусторонний		8 - 120	Р
			20 - 60	А
			12 - 120	Г
С К-образным скосом кромок	Двусторонний		8 - 100	Р
			20 - 30	А
			12 - 100	Г
С У-образным скосом кромок	Двусторонний		15 - 100	Р
			30 - 100	А


Формы подготовки кромок УГЛОВЫХ соединений

Форма подготовки кромок	Характер шва		Толщина деталей, мм	Способ сварки
	Форма поперечного сечения Кромки	Шва		
Без скоса кромок	Двусторонний		2 - 30	Р
			6 - 14	А
			2 - 30	Г
Со скосом одной кромки	Двусторонний		3 - 60	Р
			8 - 20	А
			8 - 30	Г

Формы подготовки кромок ТАВРОВЫХ соединений

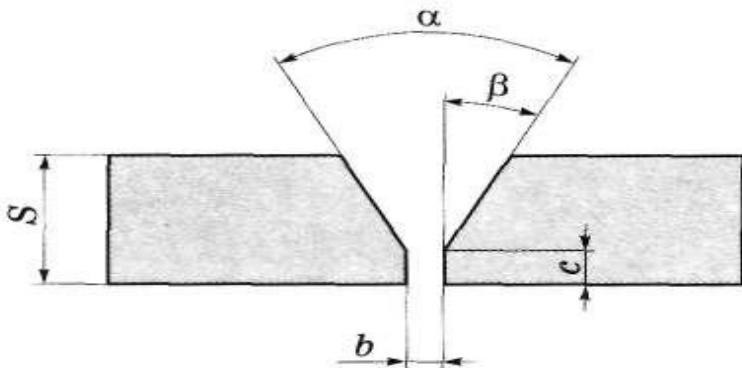
Форма подготовки кромок	Характер шва		Толщина деталей, мм	Способ сварки
	Форма поперечного сечения Кромки	Шва		
Без скоса кромок	Двусторонний		2 - 40	Р
			3 - 40	А
			2 - 40	Г
С двумя скосами одной кромки	Двусторонний		8 - 100	Р
			16 - 40	А
			12 - 100	Г

Формы подготовки кромок нахлесточных соединений

Форма подготовки кромок	Характер шва		Толщина деталей, мм	Способ сварки
	Форма поперечного сечения Кромки	Шва		
Без скоса кромок	Двусторонний		2 - 60	Р
			2 - 4	А

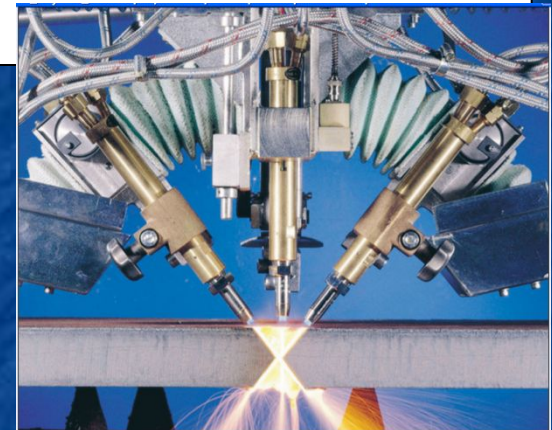
Р – ручная сварка, А – автоматическая,
Г – сварка в среде CO₂

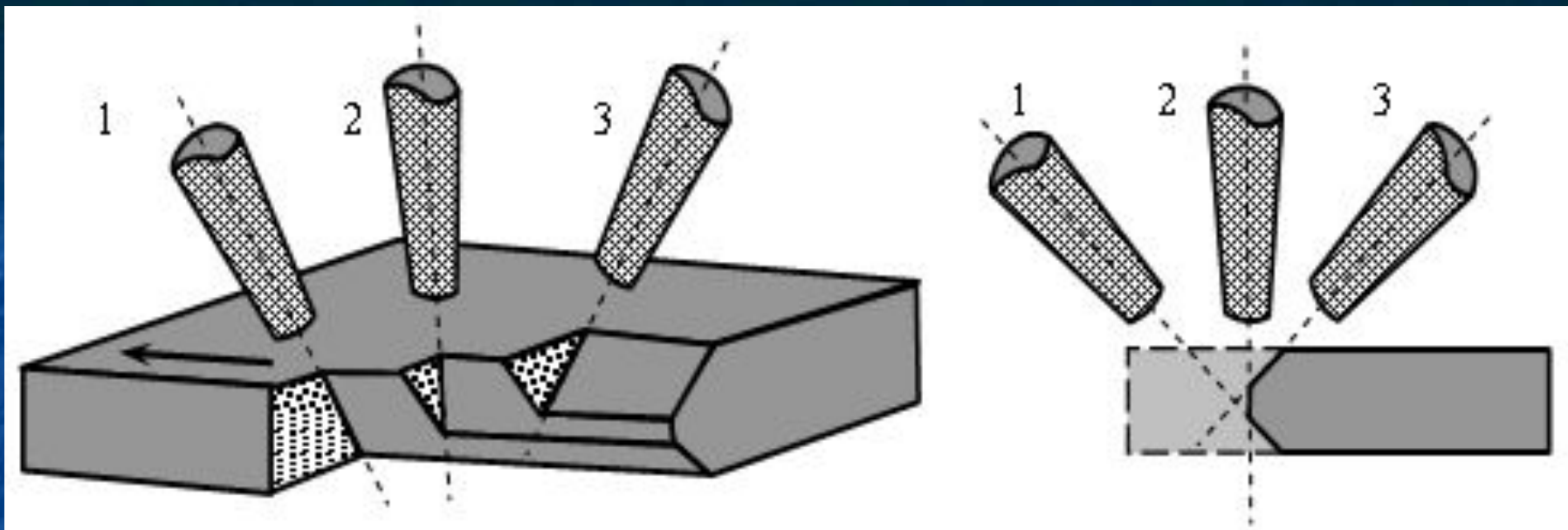
Параметры подготовки кромок



α — угол разделки кромок;
 β — угол скоса кромок;
 b — зазор между свариваемыми частями;
 c — притупление кромки;
 S — толщина металла

- $\beta \approx (25 \pm 2)^\circ$ - при разделке двух кромок;
- $\beta \approx (45 \pm 2)^\circ$ - при разделке одной кромки;
- $b \approx (2 \pm 1)$ мм
- $c \approx (2 \pm 1)$ мм;
- кромки должны быть прямолинейны и параллельны;
- на кромках не должно быть зарезов глубиной более 1,5 мм





- Подготовку кромок производят тепловой (кислородной или плазменной) или механической резкой. В первом случае подготовку кромок стремятся совместить с разделительной резкой заготовки. С этой целью резку выполняют двумя (для получения V – образной разделки) или тремя (для получения X – образной разделки) резаками, перемещающимися друг за другом
- Для механической резки используется как универсальное оборудование (карусельные, токарные, фрезерные станки), так и специализированное (кромкострогальные станки).

Сборка изделий под сварку

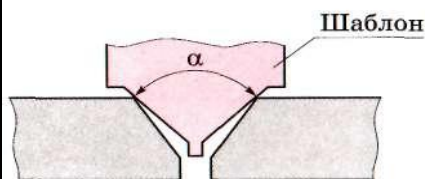
Способы сборки

- **Сборка обеспечивает точность пригонки и совпадения кромок элементов.**
 1. **Сборка в целом.**
 2. **Сборка путем наращивания отдельных элементов.**
 3. **Поузловая сборка и сварка.**

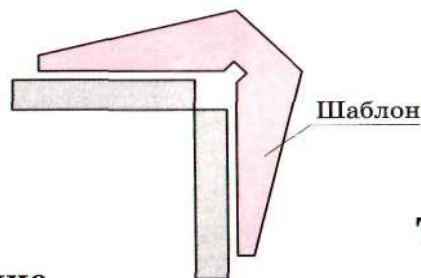
Проверка качества сборки

Применение шаблонов

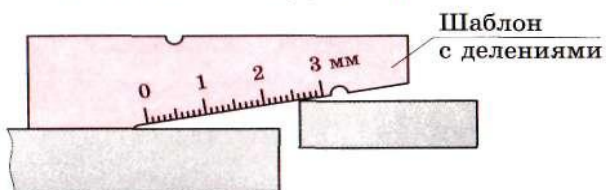
Стыковое соединение



Угловое соединение



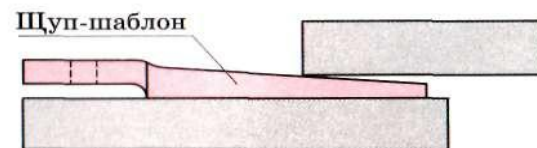
Стыковое соединение



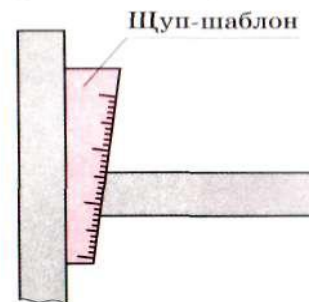
α — угол разделки кромок

Применение щупов

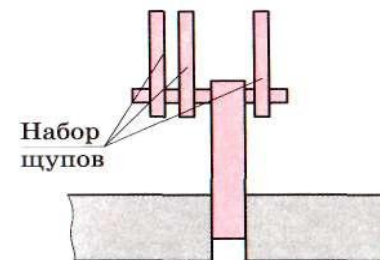
Нахлесточное соединение



Тавровое соединение



Стыковое соединение



- при сборке учитывают возможность деформации при нагреве изделия и усадке металла шва.

Допускаемое смещение деталей

- При сварке стыковых соединений деталей (за исключением труб) допускаются перед сваркой следующие смещения свариваемых кромок относительно друг друга:



Толщина детали, мм	Смещение Δ , мм
< 4	0,5
4 ... 10	1
10 ... 100	0,1 S, но не более 3 мм
> 100	0,01 S+2, но не более 4 мм