

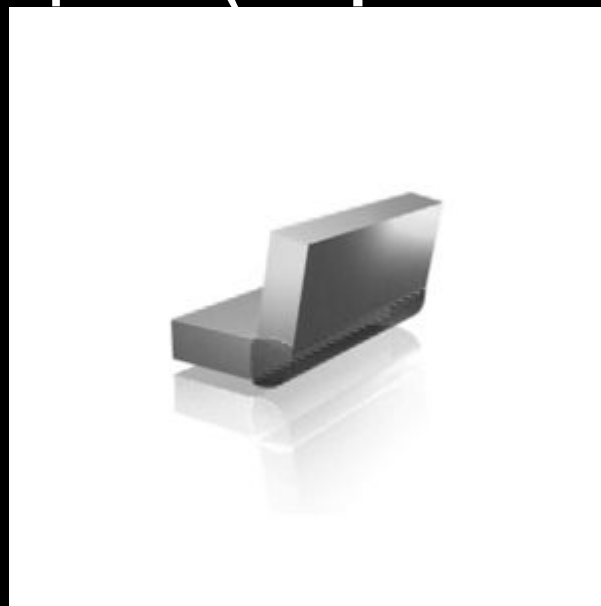
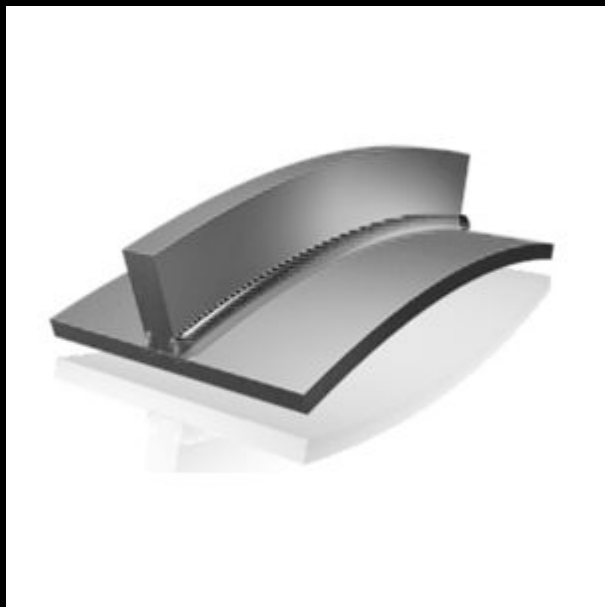
# ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ

---

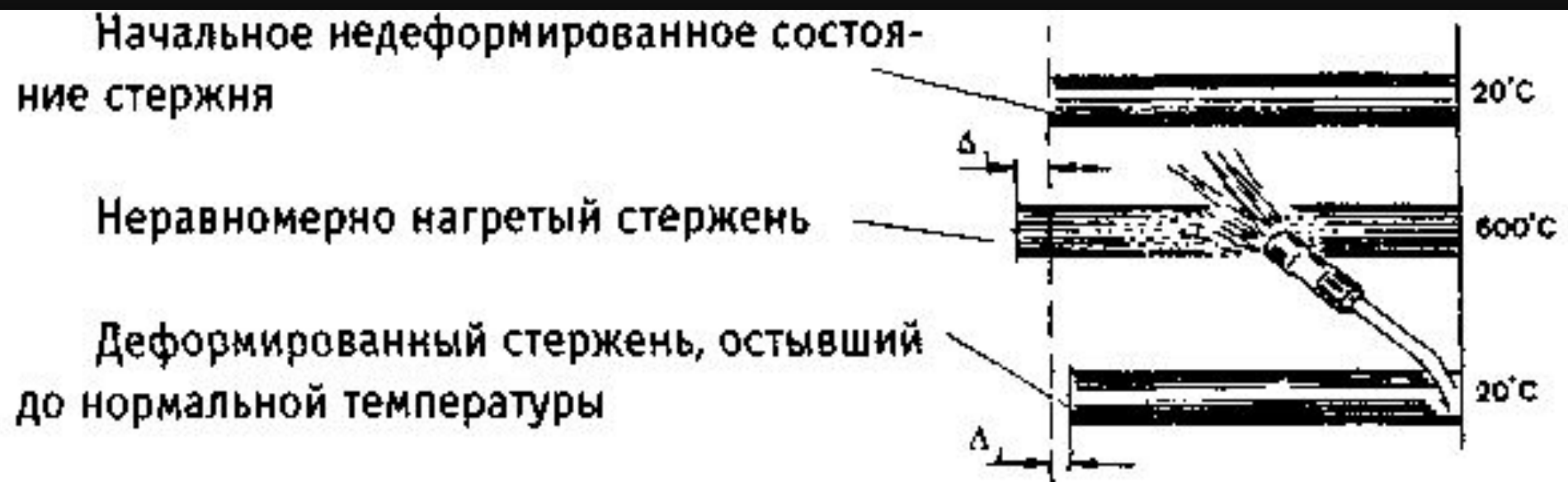
- В зависимости от продолжительности существования их разделяют на:
  - 1. временные, существующие в период выполнения сварки,
  - 2. остаточные, устойчиво сохраняющиеся в течение длительного времени после сварки.
-

# ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ

- Деформация (коробление)

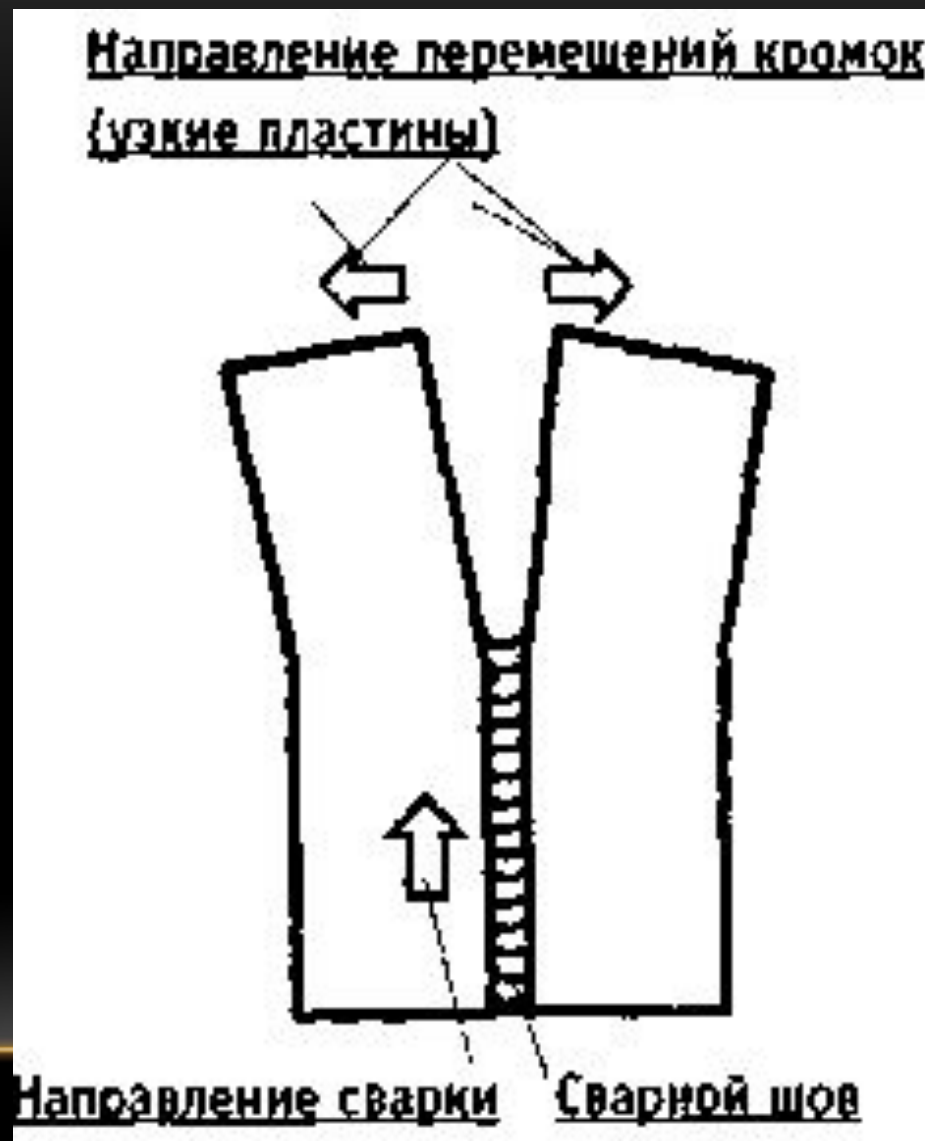


- Деформации, приводящие к изменению размеров всего изделия, искривлению его геометрических осей, называют **общими**.
- А деформации, относящиеся к отдельным участкам его, называют **местными**.



- В процессе и по окончании сварки всегда возникают сварочные деформации
  - Их можно уменьшать, но избавиться от них невозможно
-

# ДЕФОРМАЦИЯ ЗАЗОРА МЕЖДУ КРОМКАМИ

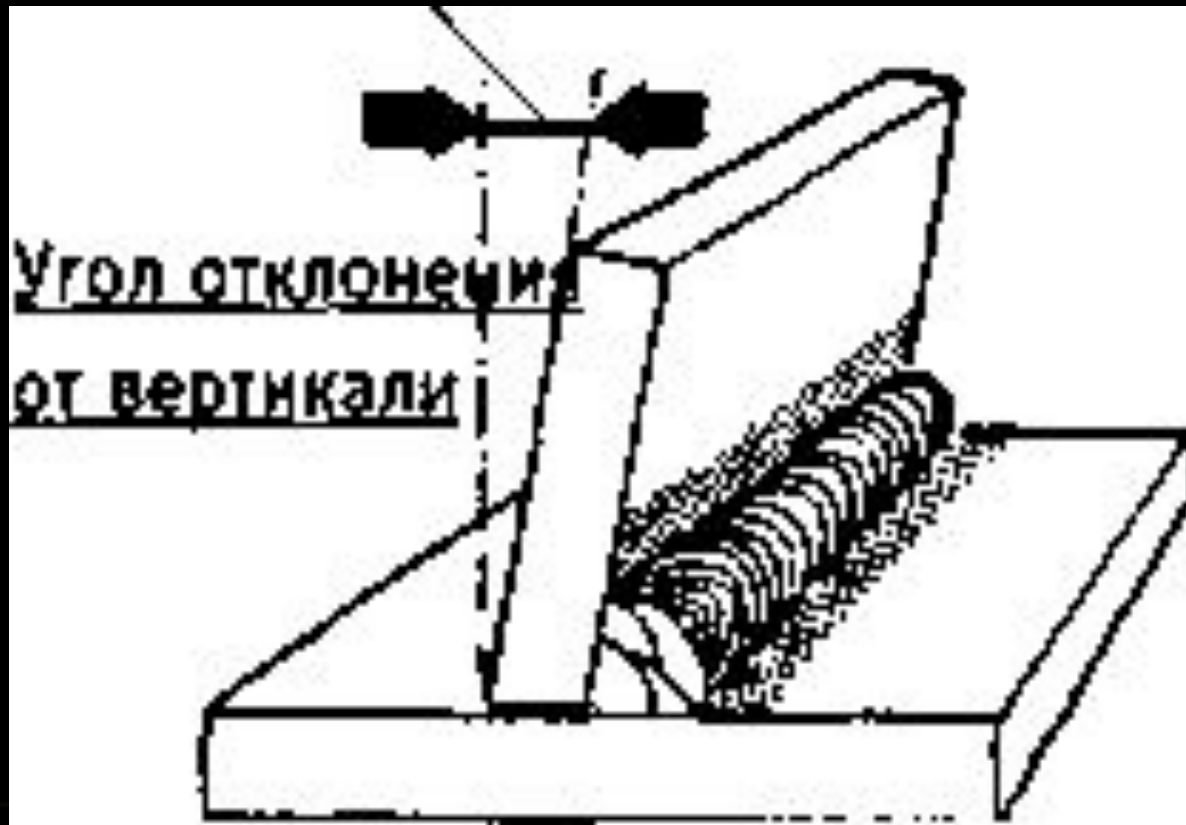


# ПОПЕРЕЧНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ СТЫКОВОГО ШВА

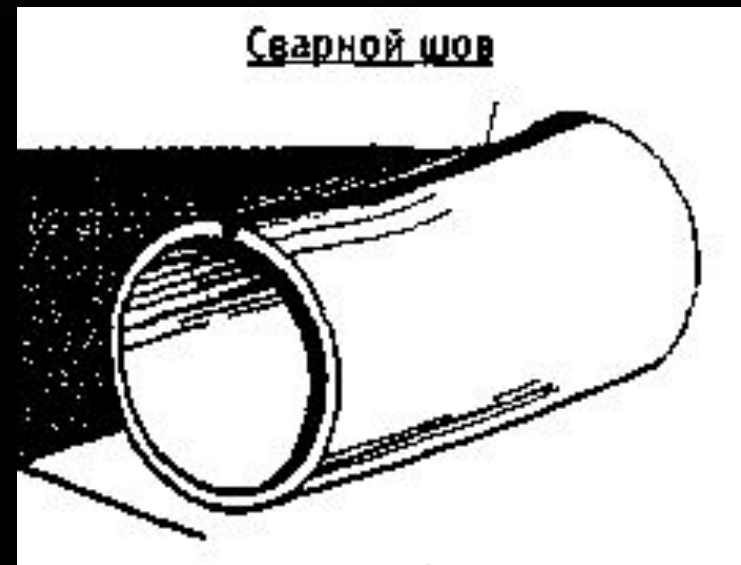


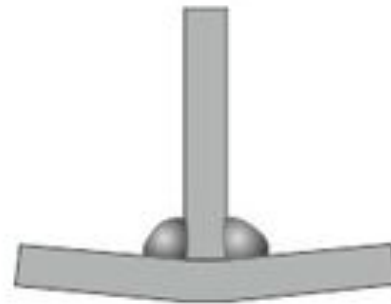
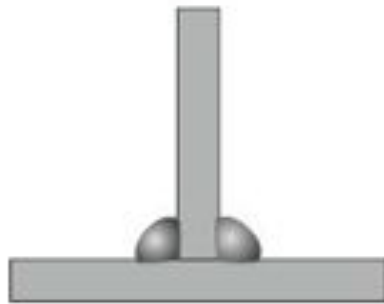
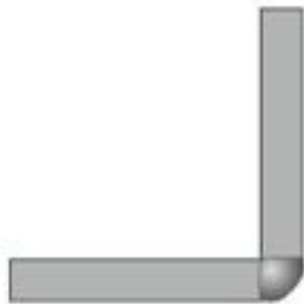


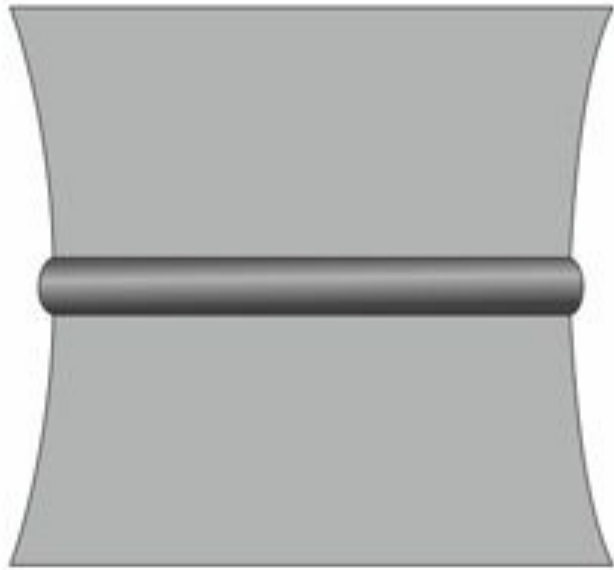
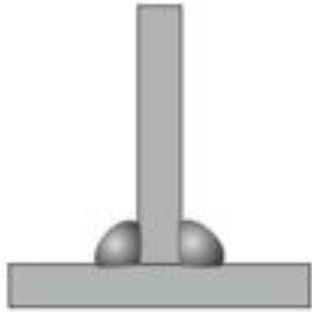
# ПОПЕРЕЧНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ТАВРОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ УГЛОВОГО ШВА



ДЕФОРМАЦИЯ  
ОТРЕЗКА ТРУБЫ  
ПОСЛЕ СВАРКИ  
ПРОДОЛЬНЫМ ШВОМ.



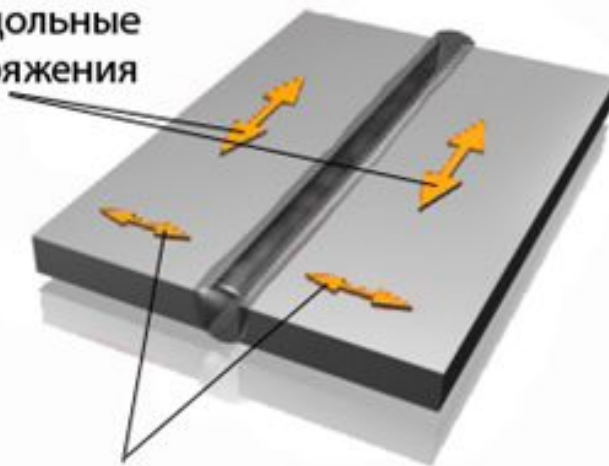




# • НАПРЯЖЕНИЯ

продольные  
напряжения

поперечные напряжения



- В зависимости от направления действующих усилий могут возникать:
  - напряжения растяжения,
  - сжатия,
  - изгиба среза
  - и кручения.
- 
- Напряжение, при котором происходит разрушение, называется **пределом усталости**.
-

# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ

- 1. УСАДКА
- 2. НЕРАВНОМЕРНЫЙ НАГРЕВ

# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ

- **Неравномерное нагревание металла при сварке**  
Все металлы при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Процессы сварки плавлением характеризуются местным нагревом металла с образованием неравномерного температурного поля в сварном соединении. При наличии непрерывной связи между нагретыми и холодными участками металла свариваемой детали в нем возникают сжимающие и растягивающие внутренние напряжения.



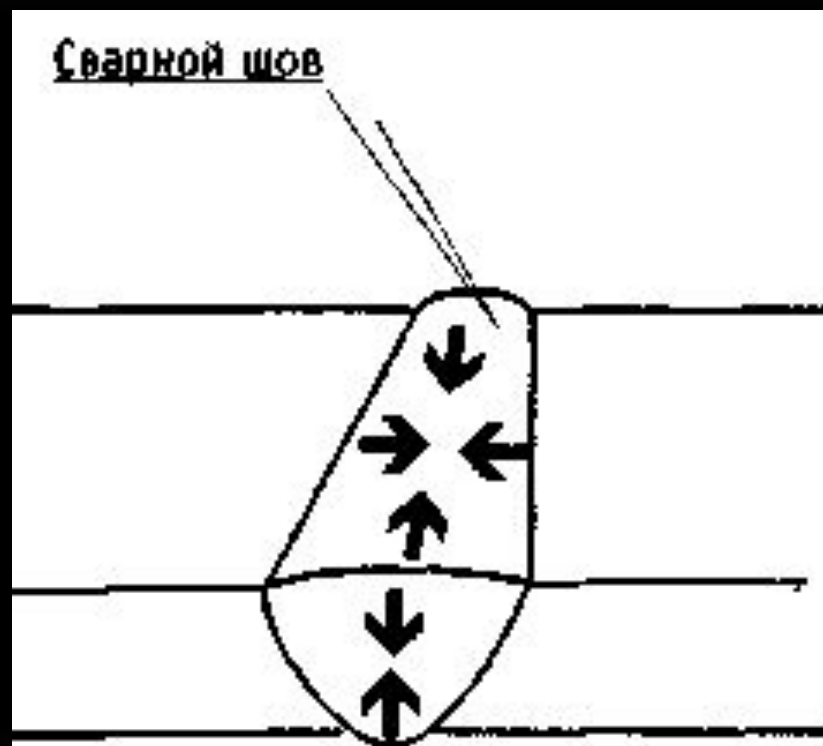
# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ

- **Литейная усадка наплавленного металла**

При охлаждении и затвердевании жидкого металла сварочной ванны происходит его усадка. Явление усадки объясняется тем, что при затвердевании увеличивается плотность металла, в результате чего объем его уменьшается.

Поскольку металл шва неразрывно связан с основным металлом, остающимся в неизменном объеме и противодействующим этой усадке, в сварном соединении возникают внутренние напряжения. При сварке происходит продольная и поперечная усадка расплавленного металла, в результате чего в шве образуются продольные и поперечные внутренние напряжения, вызывающие деформации сварных соединений.

Сварной шов



- Металлы имеют разную усадку, измеряемую в процентах от первоначального размера:
- у стали низкоуглеродистой литой она 2,0 %;
- у чугуна серого литейного 0,7-0,8 %;
- у латуни 2,06 %;
- у меди 2,1 %;
- у бронзы 1,45-1,6 %;
- у алюминиевых сплавов 1,7-1,8 %.

# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ

- **Структурные и фазовые превращения в затвердевающем металле при охлаждении**

Нагрев металла при сварке вызывает не только температурные объемные изменения, но и структурные превращения, приводящие к объемным изменениям и возникновению остаточных напряжений.

Околошовная зона подвергается нагреву до температур, превышающих 850 °С. Низкоуглеродистые стали при этой температуре пластичны, и происходящие объемные изменения не сопровождаются образованием напряжений в металле.

При охлаждении легированной стали распад аустенита может сопровождаться образованием мартенситной фазы, связанной с увеличением удельного объема; распад аустенита и образование мартенсита могут иметь место при низких температурах, когда сталь находится в упругом состоянии. Расширению объемов с образовавшейся структурой мартенсита препятствуют участки, претерпевшие структурные превращения; поэтому возникают остаточные напряжения в объемах со структурой мартенсита.

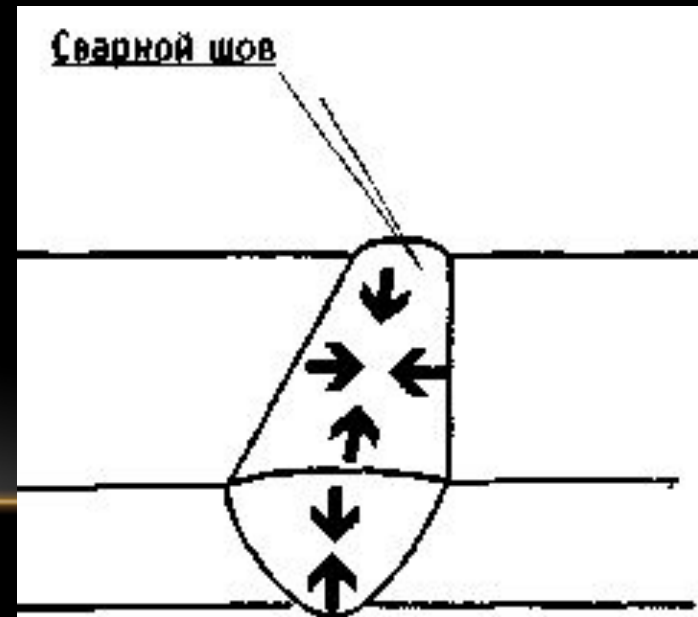
МЕРЫ  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ  
ДЕФОРМАЦИЙ И  
НАПРЯЖЕНИЙ

---

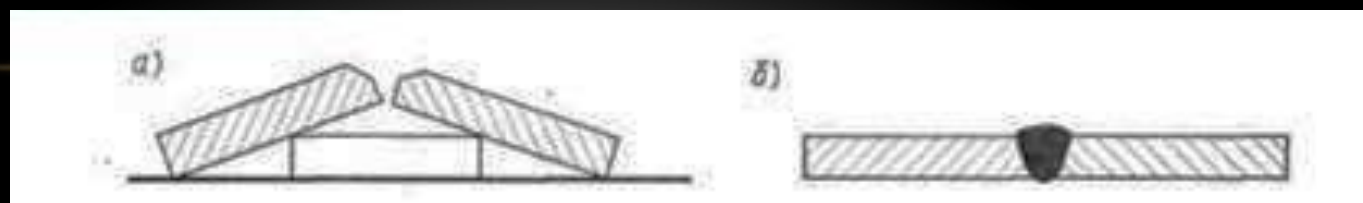
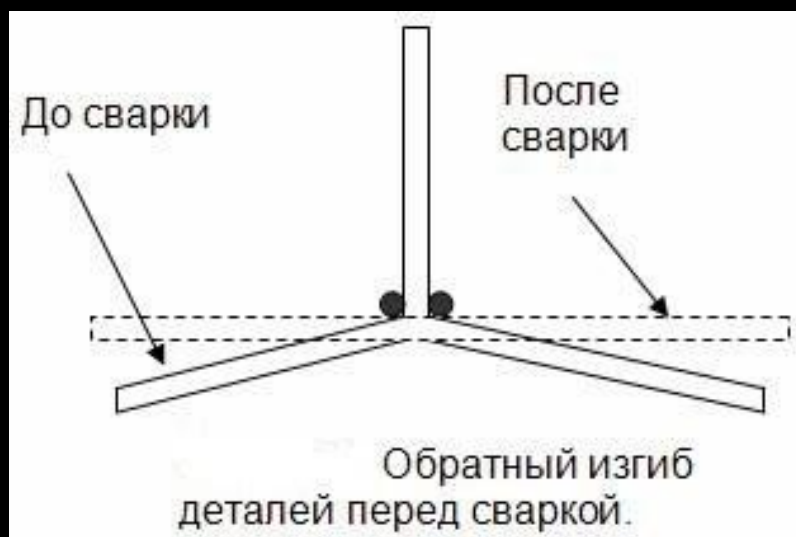
## 1. ДО СВАРКИ:

1) Рационально выбирать тип сварных соединений, отдавая предпочтение **СТЫКОВЫМ**

2) Величина зазора и угол скоса кромок должны быть минимальными, это уменьшает объём расплавленного металла, а значит величину усадки



### 3) Сборка деталей с учетом создания обратных деформаций (предварительный выгиб)



## 4) ЖЕСТКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕД СВАРКОЙ (СБОРОЧНО- СВАРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ)



## 5) Применение предварительного подогрева изделия





6) Достаточное количество прихваток и правильная последовательность их наложения

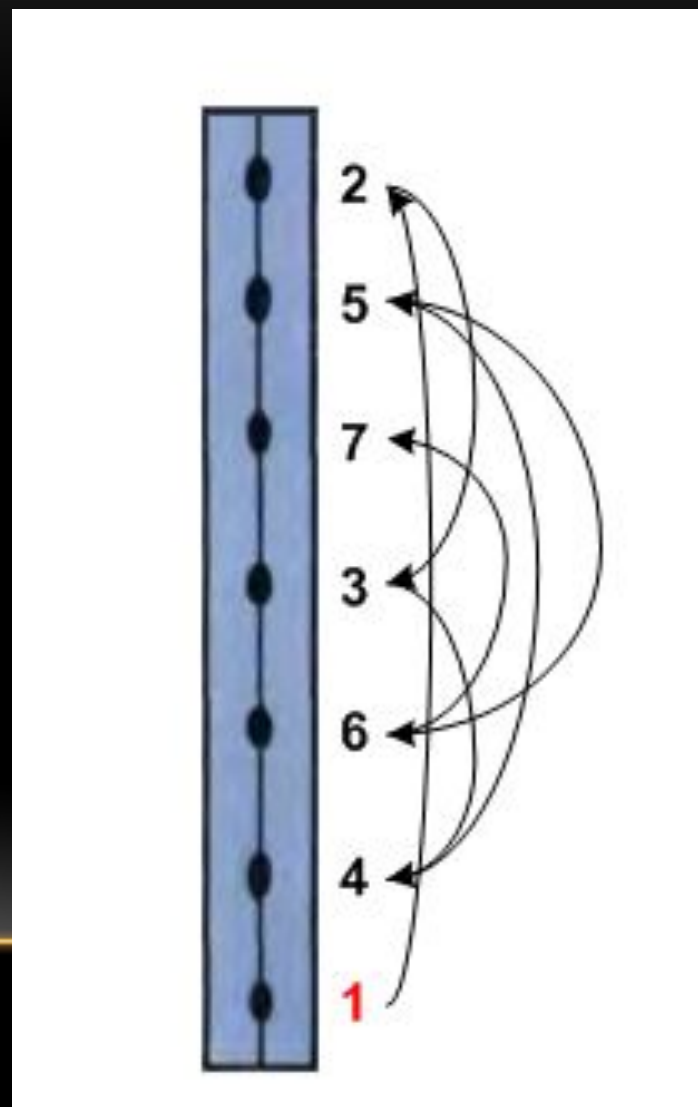
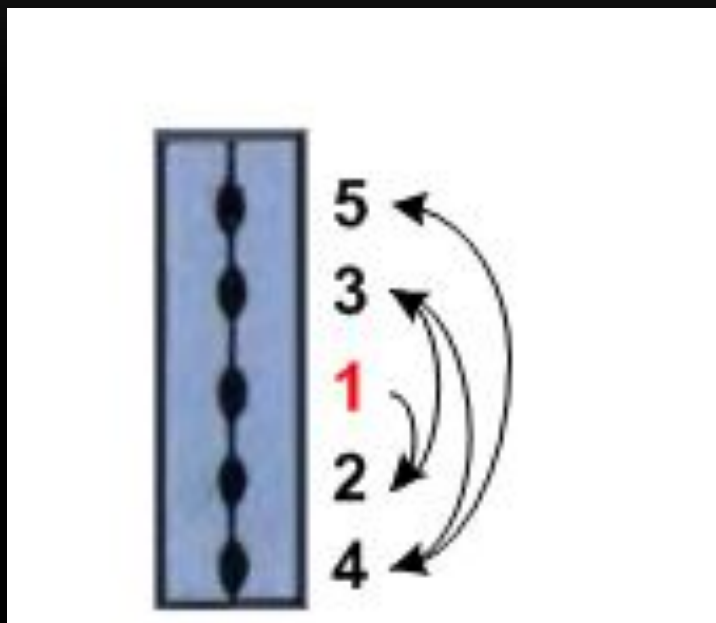
*Условно считают швы длиной:*

*до 250 мм короткими,*

*250—1000мм - средними*

*и более 1000мм - длинными.*

# ДЛЯ СРЕДНИХ ШВОВ И ДЛЯ ДЛИННОМЕРНЫХ



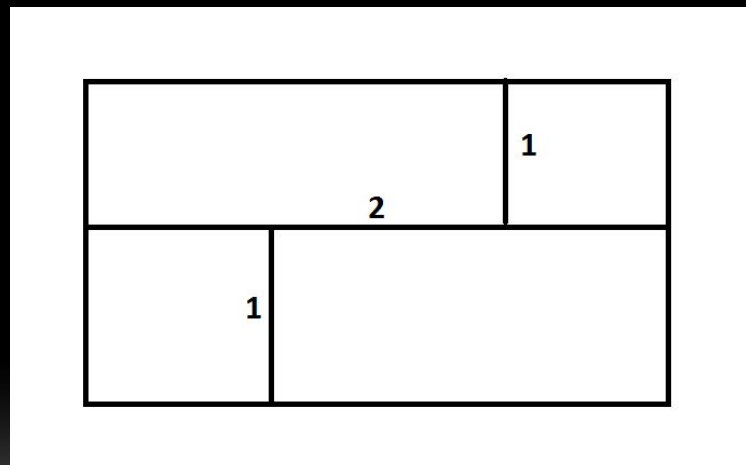
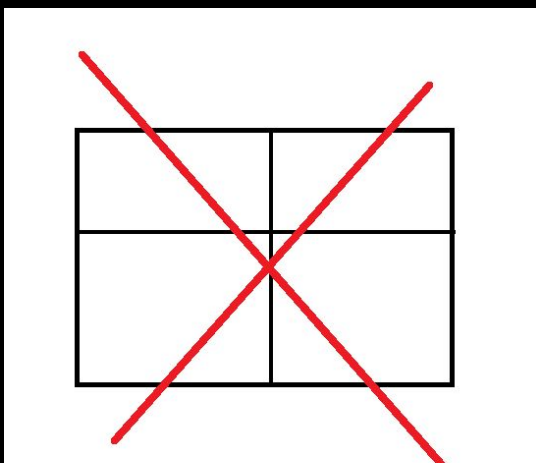
## Для кольцевых швов:

- $\emptyset$  до 100 мм – 3-4 прихватки;
- $\emptyset$  от 100 до 600 мм – 4-6;
- $\emptyset$  свыше 600 мм прихватки располагают через каждые 200 - 300 мм.



# ВО ВРЕМЯ СВАРКИ:

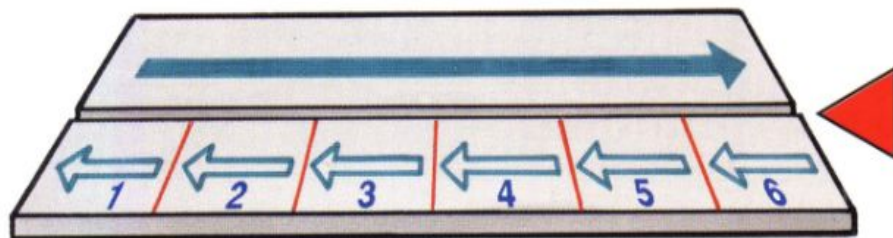
1) Не допускать в конструкциях чрезмерных скоплений и пересечений сварных швов



- 2) Применение обратноступенчатой сварки или рациональное выполнение швов в зависимости от длины



## ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ

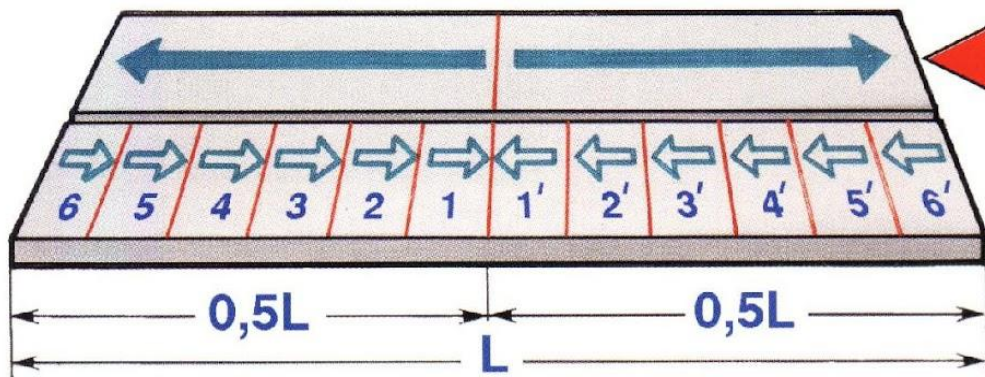


## ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ

Для длинных  
(свыше 1000 мм) швов.

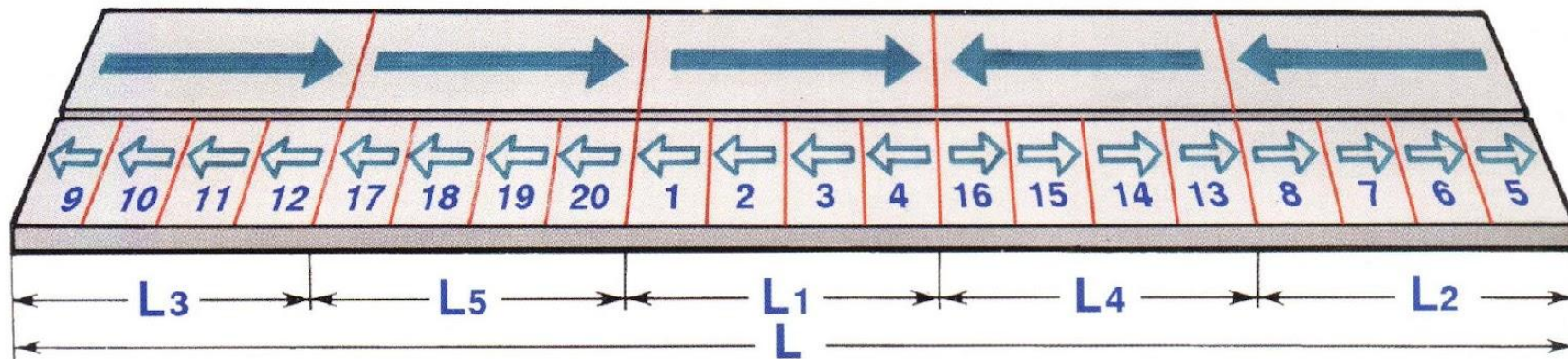
Шов разбивается на отдельные участки по 150-200 мм. Сварка на каждом из них ведется в направлении, обратном общему направлению сварки

## ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ ОТ СЕРЕДИНЫ К КРАЯМ



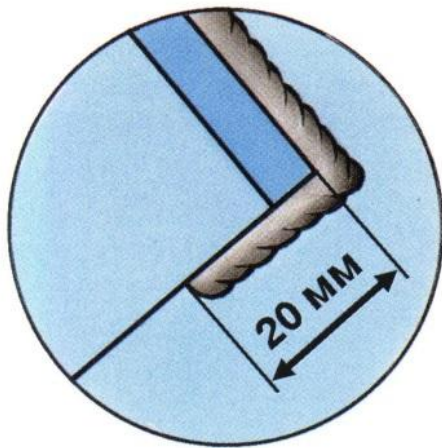
- Длинные швы однопроходных стыковых соединений
- Первый проход многопроходных швов
- Угловые швы

## ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ ВРАЗБРОС

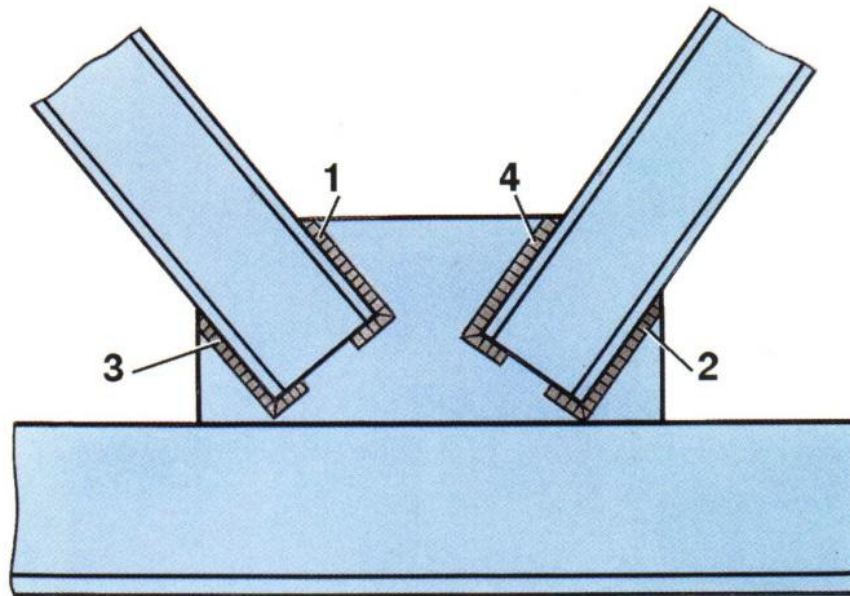


**ОБРАТНОСТУПЕНЧАТАЯ СВАРКА  
ЭФФЕКТИВНО УМЕНЬШАЕТ НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ**

- 3) Уравновешивание сварочных деформаций Например, узел фермы



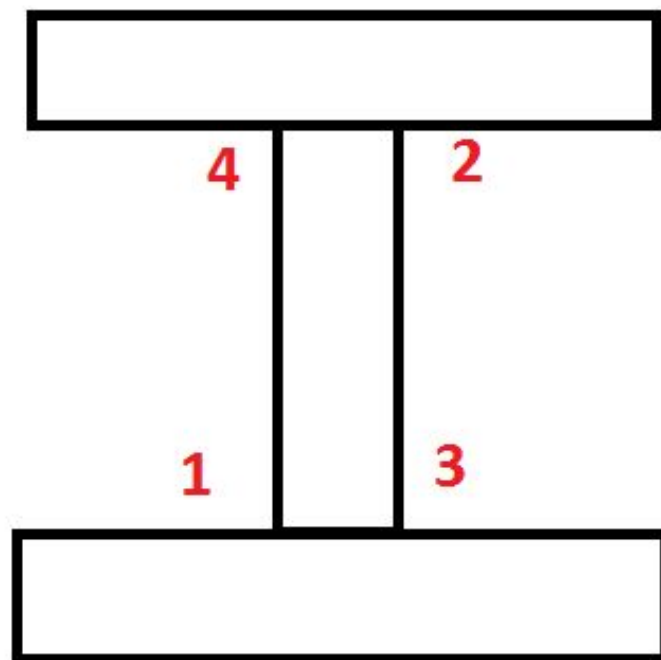
Конец продольного шва выводят на торец привариваемого элемента на длину 20 мм



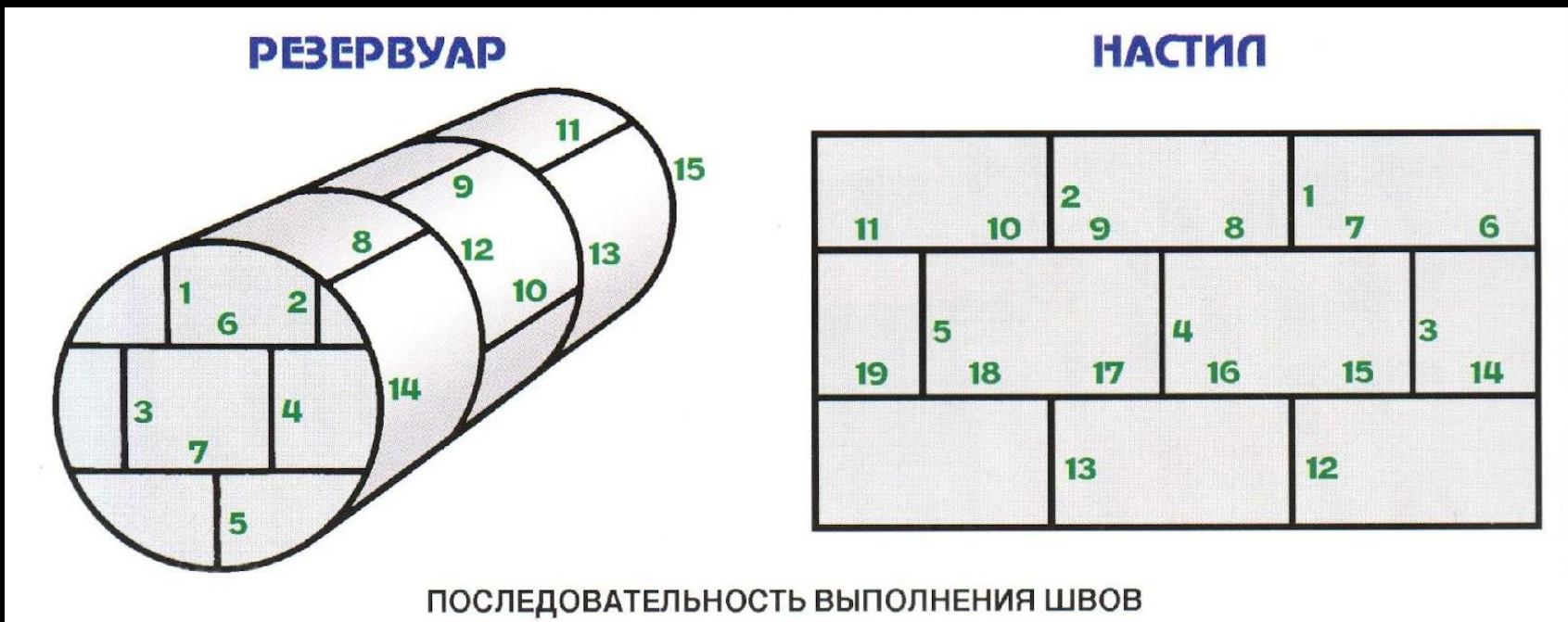
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ



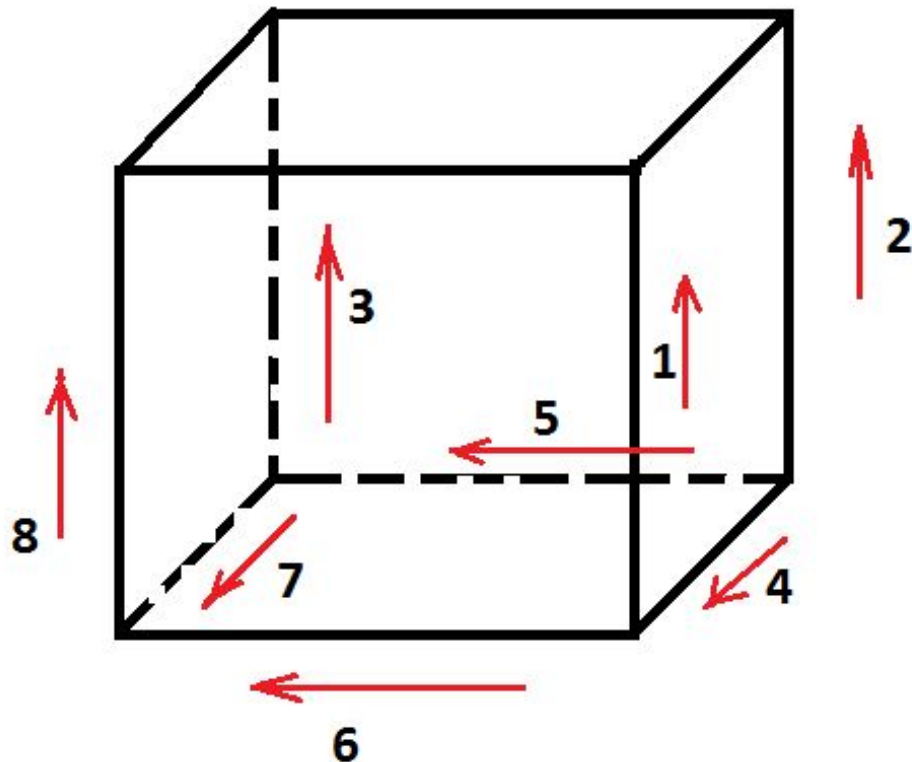
# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ БАЛКИ ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ



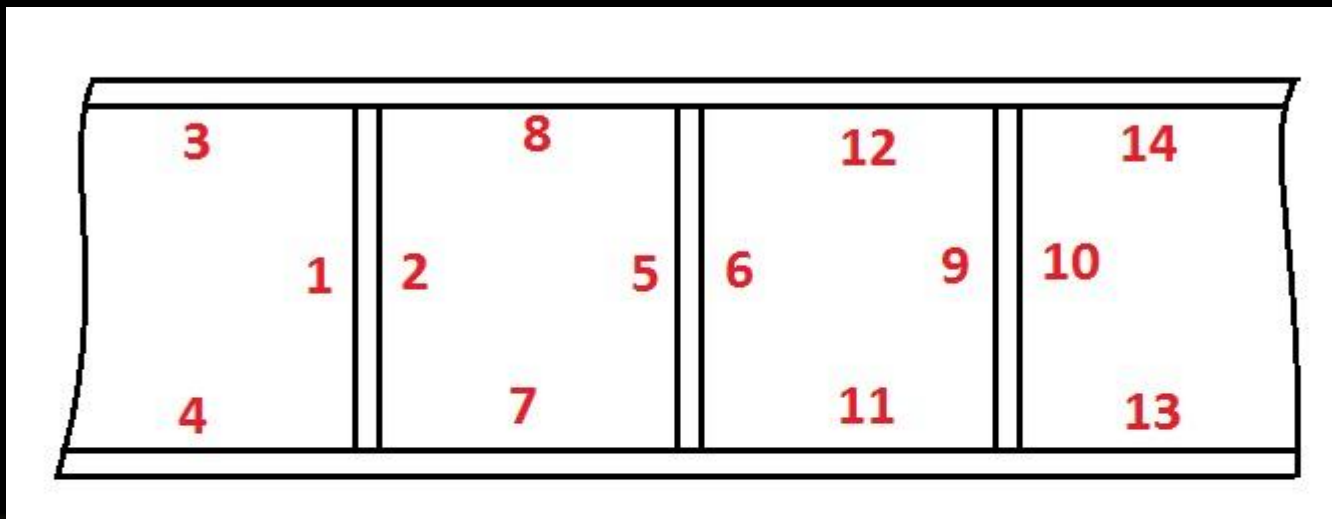
- 4) соблюдение правильной последовательности наложения сварных ШВОВ,
- Например, настил (листовая конструкция)



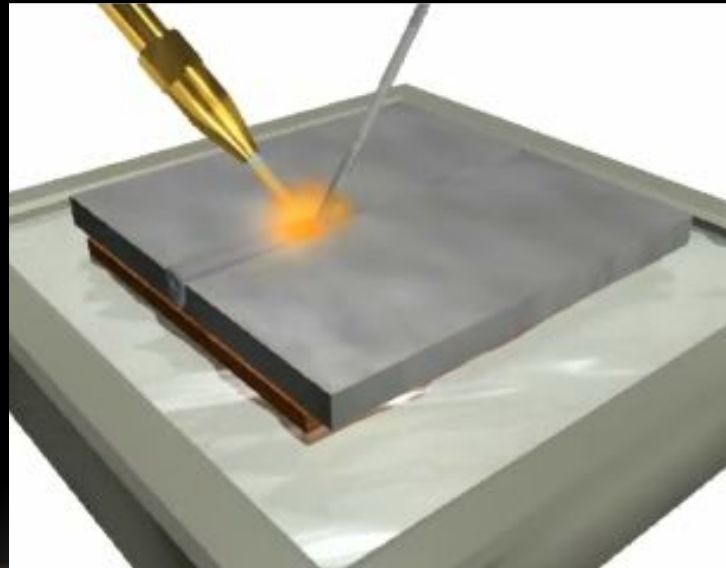
# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ КОНСТРУКЦИИ КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ



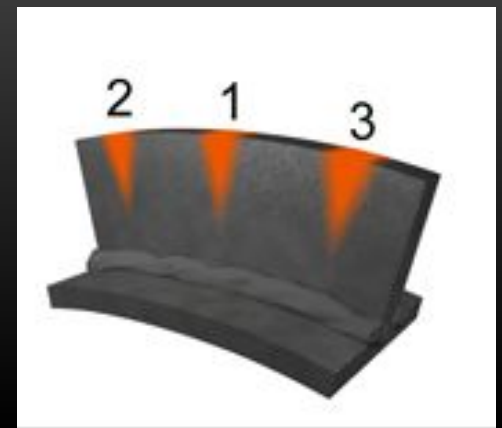
# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ



## 5) Применение искусственного охлаждения в процессе сварки



# МЕРОПРИЯТИЯ ПОСЛЕ СВАРКИ



## 1) ТЕРМИЧЕСКАЯ ПРАВКА

- заключается в местном нагреве небольших участков металла деформированной конструкции. Нагрев, как правило, производят сварочными горелками большой мощности. Ведут его быстро и только до пластического состояния верхних волокон на выпуклой стороне изделия. При охлаждении нагретых участков последние сжимаются и выпрямляют изделие.

## **2) ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПРАВКА**

заключается в сочетании местного нагрева с приложением статической нагрузки, изгибающей исправляемый элемент конструкции в нужном направлении. Такой способ обычно применяют для правки жестких сварных узлов.



### 3) МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРАВКА

В этом случае с помощью молотов, домкратов, винтовых прессов или других устройств создается ударная или статическая нагрузка, которую обычно прилагают со стороны наибольшего выгиба. Изделия из тонколистового металла можно править прокатыванием их между валками.

# КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ:

1. Изменение формы и размеров твердого тела под влиянием внешней или внутренней силы:

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1) деформация;   | 3) ионизация;   |
| 2) рекомбинация; | 4) диссоциация. |

2. Если форма и размеры изделия восстанавливаются после прекращения действия силы, то деформация:

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1) упругая;      | 3) остаточная; |
| 2) пластическая; | 4) переменная. |

3. Если изделие не принимает первоначальную форму после прекращения действия силы, то деформация:

- |                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| 1) упругая;                         | 3) временная;  |
| 2) пластическая,<br>или остаточная; | 4) переменная. |

4. Внутренняя сила, приходящаяся на единицу площади поперечного сечения тела:

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| 1) деформация;  | 3) напряжение; |
| 2) перемещение; | 4) ионизация.  |

5. Термические напряжения, которые возникают во время охлаждения металла после сварки без действия внешних усилий:

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| 1) собственные; | 3) временные;  |
| 2) независимые; | 4) постоянные. |

6. На стыковой сварной шов после сварки действуют напряжения:

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| 1) растягивающие; | 3) скручивающие;           |
| 2) сжимающие;     | 4) напряжения отсутствуют. |

7. С увеличением силы сварочного тока напряжения в швах:

- 1) уменьшаются;
- 2) увеличиваются;
- 3) не изменяются;
- 4) исчезают.

8. При кристаллизации металла происходит его усадка, которая для стали составляет:

- 1) 1%;
- 2) 2%;
- 3) 5%;
- 4) 10%.

9. Явление местного повышения напряжений:

- 1) концентрация напряжений;
- 2) рекомбинация;
- 3) улучшение;
- 4) отпуск.

10. С целью снятия сварочных напряжений и улучшения структуры применяется:

- 1) покраска;
- 2) очистка;
- 3) сушка;
- 4) термическая обработка.

## КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ 2

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов. Выберите верный.

1. В каком сварном соединении возможны бóльшие деформации?

- а) В тонкостенной конструкции с протяженными швами.
- б) В стыковом соединении коротких незакрепленных труб.
- в) В угловом соединении хорошо закрепленных пластин.

2. При каких условиях в сварной конструкции возможны бóльшие напряжения?

- а) При сварке стыковых соединений.
- б) При сварке пересекающихся стыковых швов.
- в) При сварке нахлесточных соединений.

3. При каких условиях в жесткозакрепленной конструкции напряжения будут больше?

- а) При сборке с большим зазором.
- б) При сварке с малой скоростью.
- в) В обоих случаях.

10

4. Когда при газовой сварке напряжения выше?

- а) При сварке с большой скоростью.
- б) При сварке с малой скоростью.
- в) В обоих случаях.

5. Когда при газовой сварке напряжения выше?

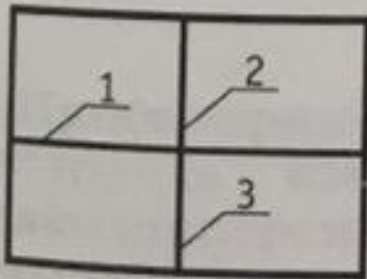
- а) При сварке пламенем большей мощности.
- б) При сварке с большой скоростью перемещения горелки.
- в) При сварке без зазора.

6. В каком материале при одинаковом нагреве напряжения будут больше?

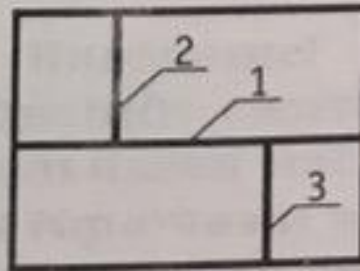
- а) В низкоуглеродистой стали.
- б) В высоколегированной стали.
- в) В меди.

11

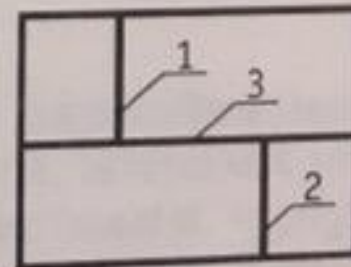
7. Выберите правильный порядок наложения швов:



а)

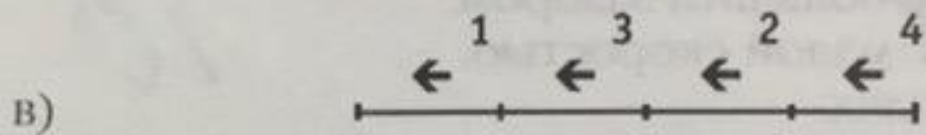
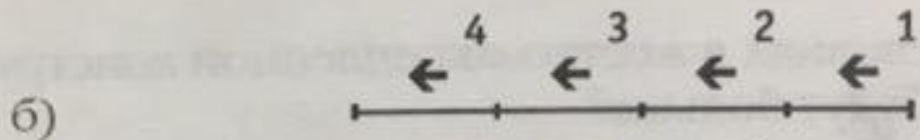
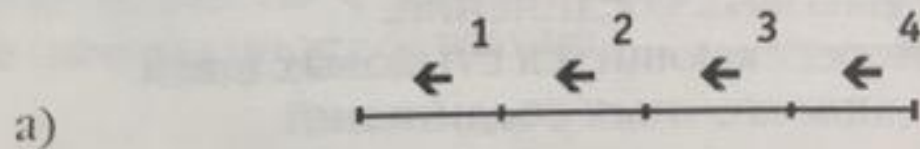


б)



в)

8. На каком рисунке показан обратноступенчатый способ сварки?



9. Как вы предупредите стягивание зазора при сварке?

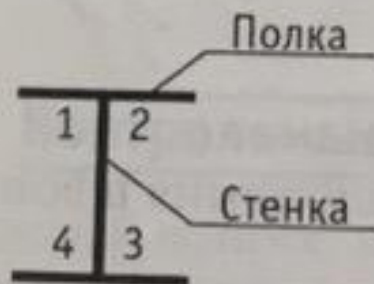
- а) Жестко закрепите деталь.
- б) Поставьте больше прихваток.
- в) Выполните и то и другое.



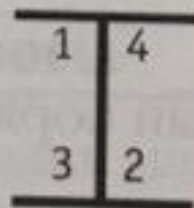
10. Как вы уменьшите поперечные деформации полки таврового соединения?

- а) Жестко закрепите деталь.
- б) Поставьте больше прихваток.
- в) Выполните и то и другое.

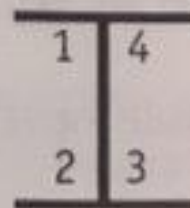
11. При каком порядке выполнения угловых швов деформации стенки тавра будут наименьшими?



а)



б)



в)