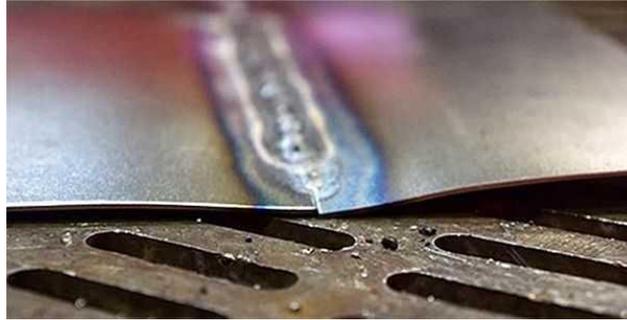


## Основные способы сварки, и методы снижения сварочных напряжений и деформаций



Классификация, характеристика, область применения.  
Физическая сущность: остаточные напряжения и деформации, способы снижения ОСН.

*Сварка – это особая технология, применяемая для неразъемного соединения металлов с помощью специального оборудования, работающего под высоким температурным режимом, для создания монолитного скрепления, как между однородными металлами, так и сплавами.*

**Классификация:**

*Механическая - производится, благодаря энергии давления, которые деформируют изделие и позволяют им плотно соединиться.*

*К механическому виду относятся: магнитно-импульсная, холодная и ультразвуковая сварки.*

*Термическая - характеризуется использованием дополнительного материала, расплавляющимся под действием высокой температуры.*

Благодаря этому жидким материалом заполняется пространство между двумя деталями, а при застывании (*кристаллизации*) создается надежное *крепкое соединение*.

Делится еще на *подвиды* – электролучевая, светло-лазерная, термитная литьем, газовая, дуговая, плазменная и электрошлаковая сварка.

*Комбинированная (термомеханическая)* отличается тем, что процесс сварки происходит под воздействие *давления и тепла одновременно*. Перед соединением детали нагревают, чтобы они были более гибкими и пластичными. Благодаря этому соединение получается более прочным.

*Типы* комбинированной обработки – конденсаторная, газопрессовая, контактная, индукционно-прессовая и диффузионная.





## Процесс сварки

1. *Формирование контакта между агрегатом и изделием.*
2. *Образование **связи** (процесса сварки), в зависимости от классификации сварки (химической или металлической).*
3. *Создание качественного шва.*

Процесс создания сварного соединения протекает в две стадии:

**На первой стадии** - необходимо сблизить поверхности свариваемых материалов на расстояние действия сил **межатомного взаимодействия**.

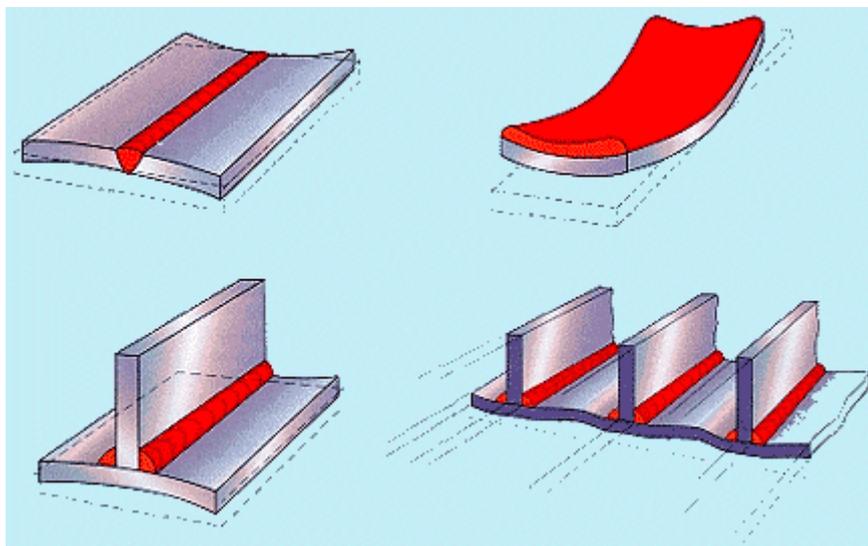
*(Соединению материалов мешает их твердость, при их сближении действительный контакт происходит лишь в немногих точках, как бы тщательно они не были обработаны).*

На процесс соединения сильно влияют **загрязнения поверхности** - **окислы, жировые пленки** и пр. Ввиду указанных причин выполнить условие хорошего контакта в обычных условиях невозможно.

Поэтому образование физического контакта между соединяемыми кромками по всей поверхности достигается либо за счёт **расплавления материала**, либо в результате **пластических деформаций**, возникающих в результате **прикладываемого давления**.

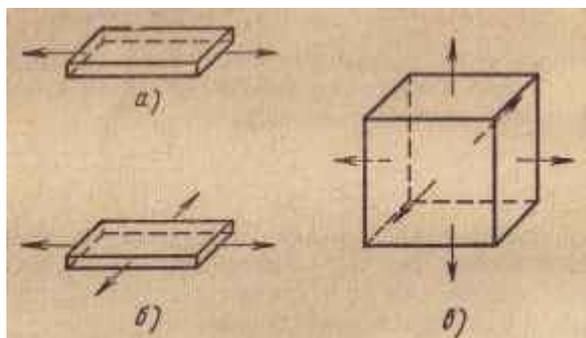
**На второй стадии** - осуществляется **электронное взаимодействие** между атомами **соединяемых поверхностей**. В результате поверхность раздела между деталями исчезает и образуются атомные металлические связи (свариваются металлы).

# Напряжения и деформации



Одним из свойств металла является **изменение размера под воздействием температур**. (изменение температуры металлической детали приводит к ее деформации: нагрев — детали приводит к увеличению ее размеров, охлаждение — к уменьшению).

Под воздействием **высокой температуры металл расширяется**. (как сильно он расширится зависит от температуры нагрева и коэффициента линейного расширения материала).



Деформации и напряжения могут быть вызваны не только воздействием внешних сил. Существуют так называемые

**собственные напряжения и деформации**, которые присутствуют в металле даже без воздействия на него.

Собственные напряжения могут быть: **реактивными и остаточными**.

*Остаточные напряжения появляются в результате **местной пластичной деформации** и остаются у изделия после сварки.*

*Реактивными называют напряжения возникшие во время **сварки жестко закрепленной конструкции**. (в кондукторе)*

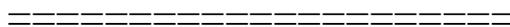


## Классификация напряжений и деформаций

*В зависимости от причины возникновения собственные напряжения разделяют на:*

**Тепловые напряжения** — появляются в следствии неравномерного распределения температуры во время сварки.

**Структурные напряжения** — появляются в следствии преобразования структуры во время нагревания выше **критической температуры**.



В зависимости от времени существования собственные напряжения бывают:

**временные** — существуют при определенных фазовых преобразованиях и исчезают при охлаждении.

**остаточные** — остаются даже после исчезновения причин их образования.

=====

Зависимо от **площади действия** различают три вида напряжений:

Напряжения - которые действуют в **объемах конструкции**.

Напряжения - которые действуют в **рамках зерен металла**.

Напряжения - которые существуют в **кристаллической решетке металла**.

=====

По направлению **действия напряжения и деформации** бывают:

**продольные** — вдоль оси сварочного шва;

**поперечные** — направлены перпендикулярно оси шва.

=====

По виду **напряженного состояния** напряжения бывают:

**линейные** — действуют в одном направлении;

**плоскостные** — действуют в двух направлениях;

**объёмные** — действуют в трех направлениях.

*Напряжения также могут быть - **сдавливающими и растягивающими**.*

=====

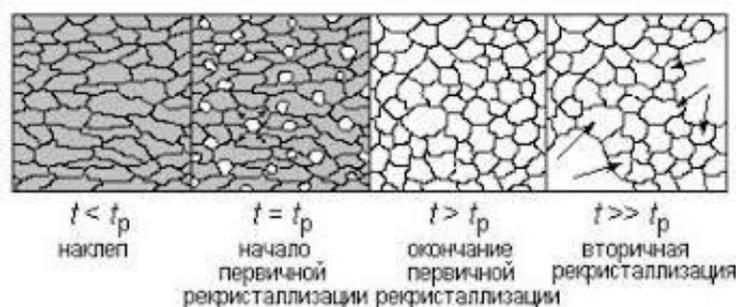
**Деформацию** называют **общей** — если она изменяет размер всего изделия, и **местной** — если она изменяет часть изделия.

Деформации могут быть пластичными и упругими.

Если конструкция восстанавливает свою форму и размер после сварки, то такая деформация называется *упругой*, а если не восстанавливается — *пластичной*.

### Структурные преобразования

При сварке легированных и высокоуглеродистых сталей часто возникают структурные преобразования в металле — меняются размеры и расположение *зёрен* металла при охлаждении. Поэтому меняется первоначальный *объём* металла и возникают *внутренние напряжения*.



### Причины появления напряжений и деформаций



Напряжение которое превышает *границы текучести* металла приводит к появлению *пластических деформаций*, которые изменяют размеры и форму конструкции.

Напряжения превышающие *границу прочности* приводит к появлению в трещин.

(предел прочности – напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец до разрушения (временное сопротивление разрыву))

!!!!

(помнить)

*Механические свойства металлов.*

*Предел текучести характеризует **сопротивление** материала небольшим пластическим деформациям, (в зависимости от материала)*

*Физический предел текучести – это напряжение, при котором происходит увеличение деформации **при постоянной нагрузке**.*

*Нагрузки:*

*Статическое нагружение – нагрузка на образец возрастает медленно и плавно.*

*Динамическое нагружение – нагрузка возрастает с большой скоростью, имеет ударный характер.*

*Повторно, переменное или циклическое нагружение – нагрузка в процессе испытания многократно изменяется по величине или по величине и направлению.*

*Неравномерное нагревание*

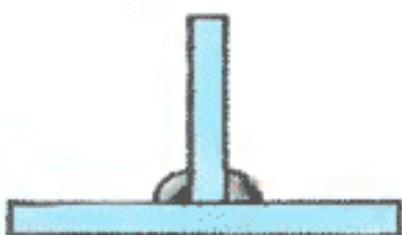
*При нагревании металла жестко связанного с **холодным** металлом образуются сжимающие и растягивающие напряжения. Это связано с изменением размеров металла при нагревании.*

*Литейная усадка*

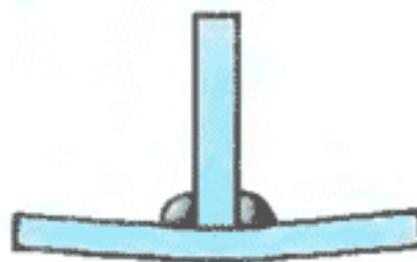
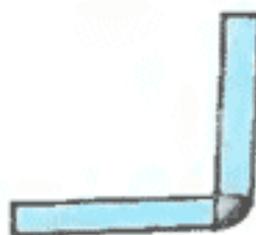
*Литейная усадка расплавленного металла сопровождается уменьшением объема металла при его **кристаллизации**. Так как расплавленный металл связан с основным, под воздействием литейной усадки возникают **продольные и поперечные** напряжения.*

## ДЕФОРМАЦИИ ОТ ПОПЕРЕЧНОЙ УСАДКИ

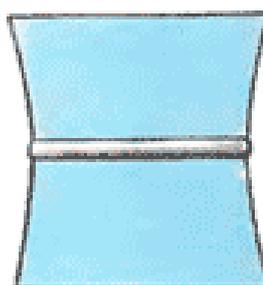
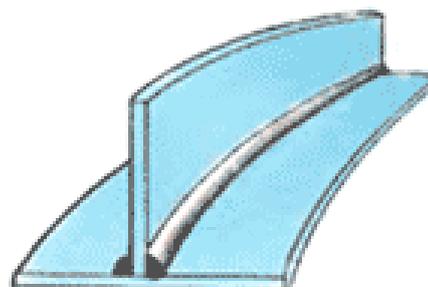
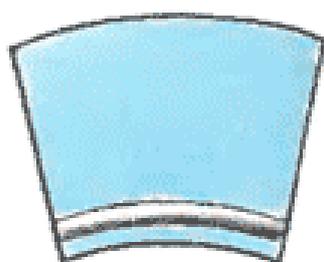
ДО СВАРКИ



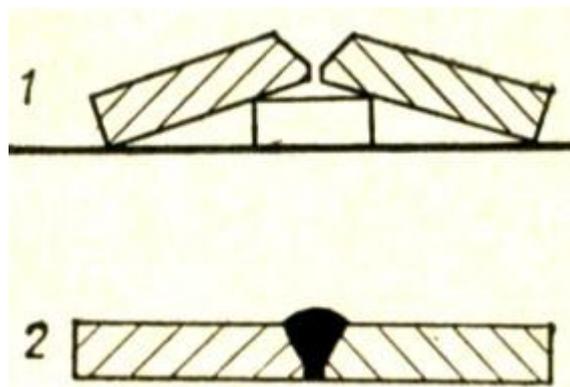
ПОСЛЕ СВАРКИ



## ДЕФОРМАЦИИ ОТ ПРОДОЛЬНОЙ УСАДКИ



## Методы противодействия напряжениям и деформациям



*Последовательность наложения швов устанавливается с таким расчетом, чтобы деформации, вызванные наложением предыдущего шва, были ликвидированы обратными деформациями после наложения последующего шва*

*Для предупреждения возникновения высоких сварочных напряжений:*

- 1. использовать способы сварки, обеспечивающие минимальный разогрев заготовок*
- 2. не следует допускать скопления сварных швов и пересечений их друг с другом.*
- 3. уменьшение веса наплавленного металла*
- 4. выполнение длинных швов **обратно-ступенчатым** способом*
- 5. Жесткое закрепление свариваемых деталей (этот способ хотя и уменьшает деформации, но вызывает появление внутренних напряжений, остающихся после сварки)*

### **Предварительный и сопроводительный подогрев**

*Предварительный и сопроводительный подогрев сталей улучшает механические качества шва и прилегающей зоны, уменьшает пластические деформации и остаточные напряжения.*



*Используют для сталей склонных к закалке и образованию кристаллизационных трещин.*

### **Регулирование теплового состояния металла**

*используют сварку методами с более концентрированным тепловыделением (сравнение зоны нагревания металла разными видами сварки)*

*регулируют температуру с помощью термоотводящих прокладок, специальных пластин или охлаждают зону сварки воздухом.*

### **Компенсация деформаций**

*Предупреждения деформации при помощи их компенсации*

***!перед изготовлением конструкции необходимо предвидеть правильный порядок выполнения сборочно-сварочных операций!***

**Для этого используют такие методы:**

- 1. длинные швы РДС сваривают в **обратно-ступенчатом порядке**, а полуавтоматическую сварку «на проход».***
- 2. сварку толстостенных швов многопроходным методом выполняют так, чтобы каждый проход был в **противоположном направлении предыдущему**.***

3. листы металла сваривают сначала **поперечными швами**, а потом **между собой**.

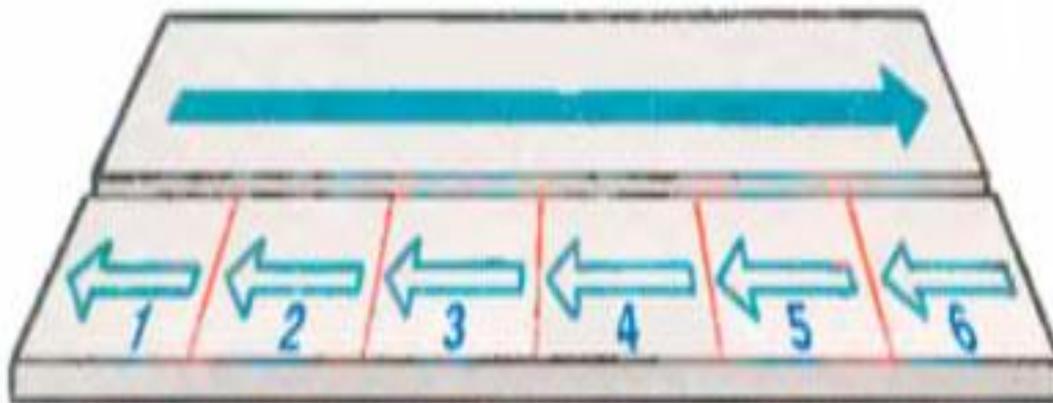
4. у двутавровых балок сваривают сначала **стыковые соединения** стенок, а после этого **поясные швы**.

5. симметрически расположенные многопроходные швы сваривают методом **уравновешивания деформаций**.

При изготовлении сварочных конструкций следует пользоваться правилом: Деформации должны быть равными по величине и обратными по направлению сварки.

### Обратноступенчатый способ сварки

заключается в том, что весь шов разбивают на участки длиной 150—200 мм, 200—300 мм (ступени).



Длину участка выбирают такой, чтобы провести сварку целым числом электродов.

При сварке тонкого металла участки делают короче, при сварке более толстого — длиннее.

Сварку каждого участка (ступени) ведут в направлении, обратном общему направлению сварки.

Обратноступенчатый способ сварки имеет несколько разновидностей:

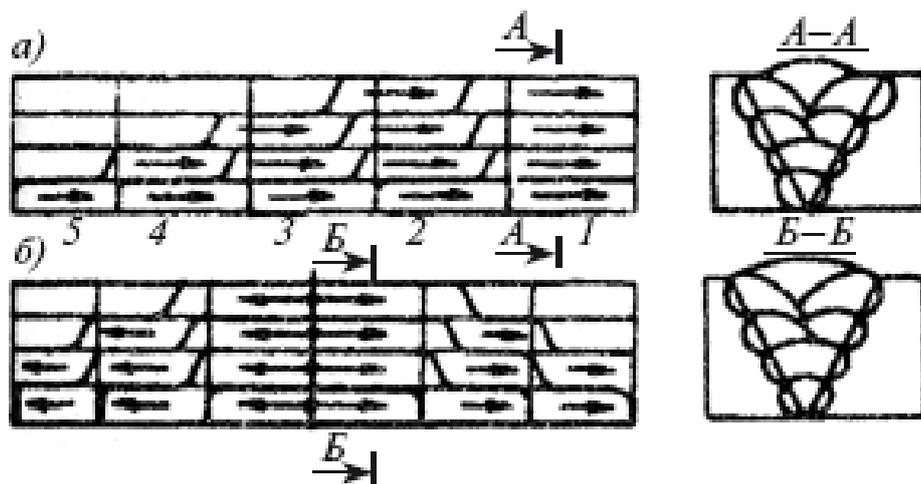
*Швы средней длины сваривают - от одного конца шва к другому.*

*Сварка каждой ступени производится в направлении предыдущего сваренного участка таким образом, что конец каждой ступени сваривают с началом предыдущей.*

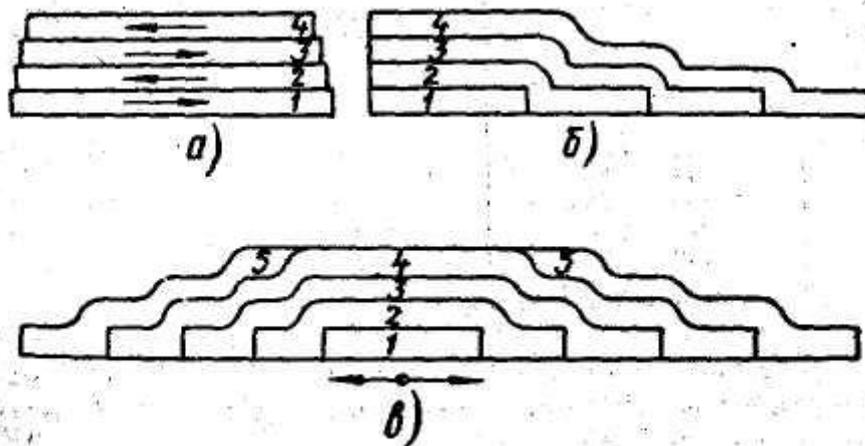
*Швы большой протяженности сваривают обратноступенчатым способом от середины к краям*



При сварке *обратноступенчатым* способом многослойных швов концы участков (ступеней) в смежных слоях не должны совпадать, и их необходимо сдвигать на 15—20 мм, это делают потому, что в точках начала и конца швов наиболее вероятно появление дефектов (непроваров, шлаковых включений)



каждый последующий слой следует выполнять в направлении, противоположном предыдущему



## Другие методы исправления деформаций

Появляющиеся после сварки **деформации**, которых не удалось избежать, можно выравнивать по холодному металлу (механическим воздействием), **тепловым безударным методом** или комбинированными методами.

Выпрямление деталей по холодному металлу выполняют с целью растягивания **волокон зоны** сварки. Для этого выпрямляют детали под прессом, грузом, прокатывают роликами, в вальцах и т. д.

**Тепловыми безударными** методами выпрямляют детали для сокращения волокон основного металлу и тем самым компенсируют сокращения сварочных соединений. Нагревают поверхность

металла **полосками** или **треугольникам**, без расплавления поверхности **газовыми горелками** или током высокой частоты.

**Комбинированный метод** предусматривает использование **нагревание деталей** с использованием **механического воздействия**. Такой метод компенсирует сокращения волокон сварочного соединения укорачиванием основной металл. Для механического воздействия используют **скобы, стяжки, домкраты, удары кувалды**.

---