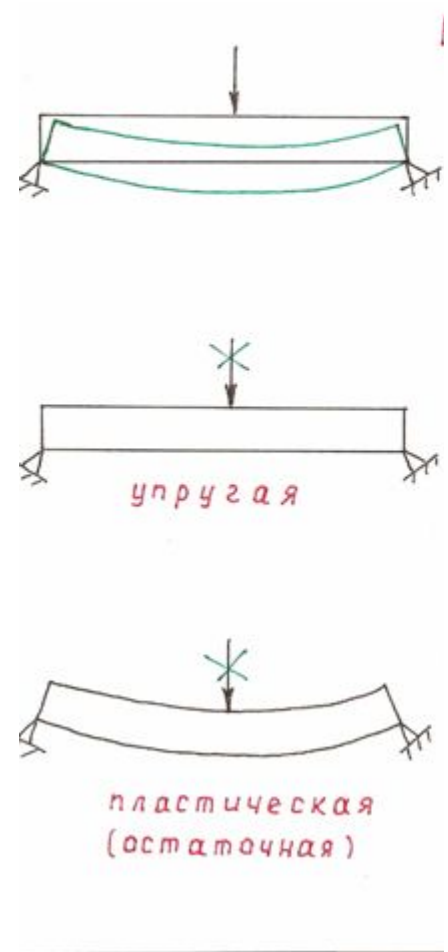


Сварочные деформации и напряжения

Деформация –

изменение формы и размеров конструкции под действием внешних нагрузок (усилий) или внутренних напряжений.

- Упругие
- Пластические



Деформации

1. УПРУГИЕ,

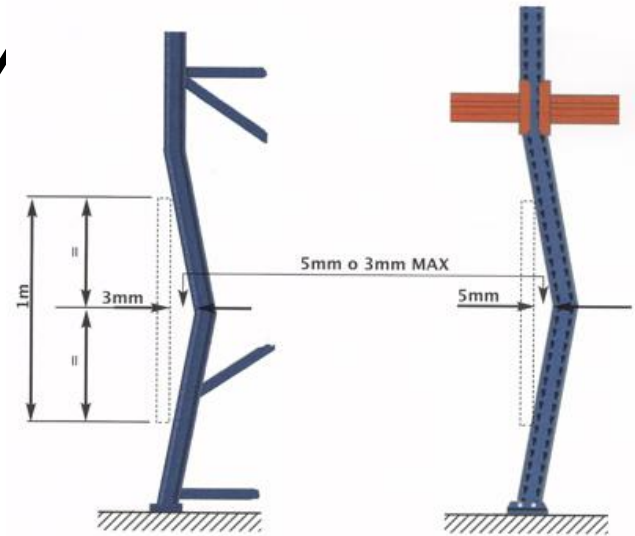
- когда после снятия нагрузки конструкция восстанавливает первоначальную форму и размеры.
- характерны для упругих материалов (резина, закаленная сталь), а так же для низкоуглеродистых сталей, когда нагрузка не превышает их предел упругости

2. ПЛАСТИЧЕСКИЕ или ОСТАТОЧНЫЕ,

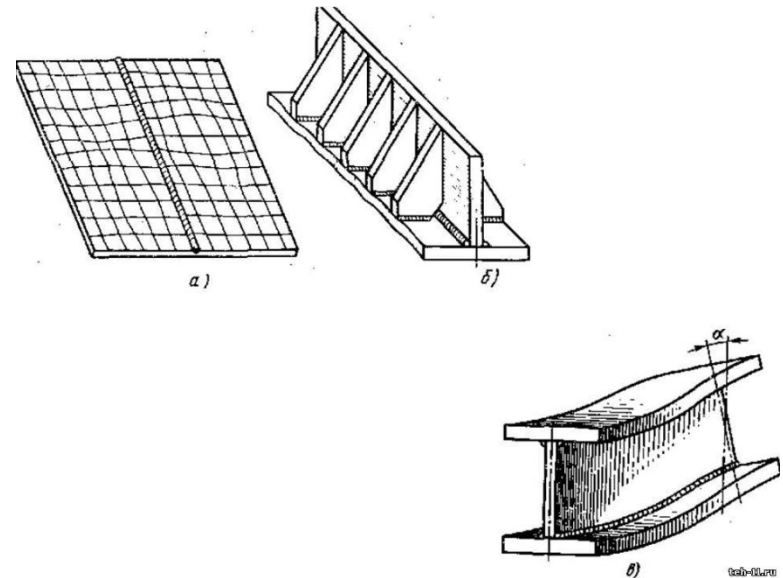
- когда после снятия нагрузки конструкция сохраняет измененную форму и размер.
- характерны для нагрузок, превышающих предел текучести стали, который так же определяется испытанием на растяжение.

Деформации

- общие



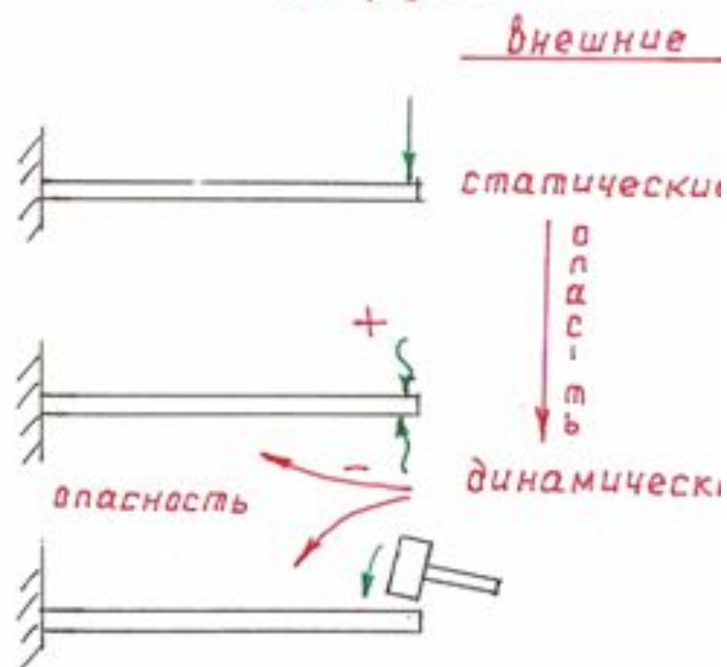
- МЕСТНЫМИ



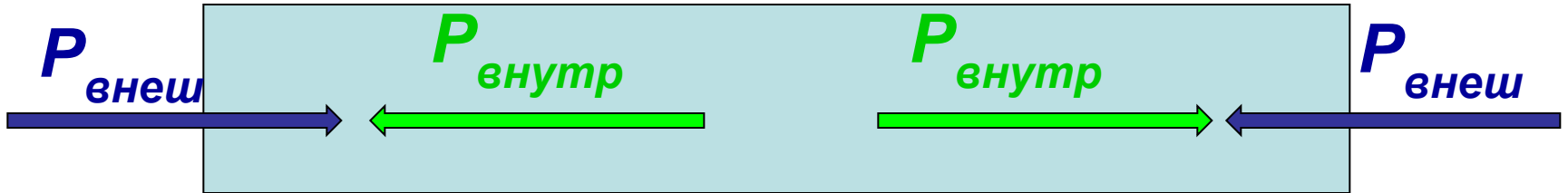
- Степень деформации зависит от величины приложенной силы, т. е. между ними прослеживается прямо пропорциональная зависимость: чем больше сила, тем сильнее деформация.

Силы, которые действуют на изделие

- **внешние**, к которым относятся собственно вес изделия, давление газа на стенки сосуда и пр.
 - статическими (не изменяющимися по величине и направлению),
 - динамическими (переменными) или
 - ударными;
- **внутренние**, возникающие в результате изменения структуры металла, которое возможно под воздействием внешней воздействия, например сварки и др.

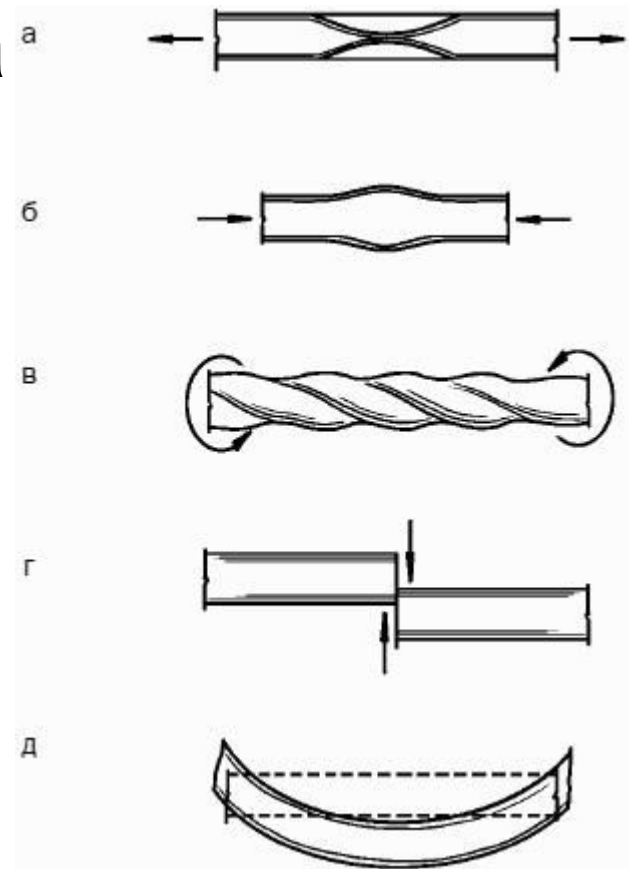


Понятие о внутренних напряжениях



При внешнем воздействии ($P_{внеш}$) на тело, внутри возникают внутренние силы ($P_{внутр}$) противодействия, препятствующие изменению размеров и формы самого предмета

- Относительно сечения металла действующие на него силы могут иметь разное направление.
- В соответствии с этим возникает **напряжение растяжения, сжатия, кручения, среза или изгиба**

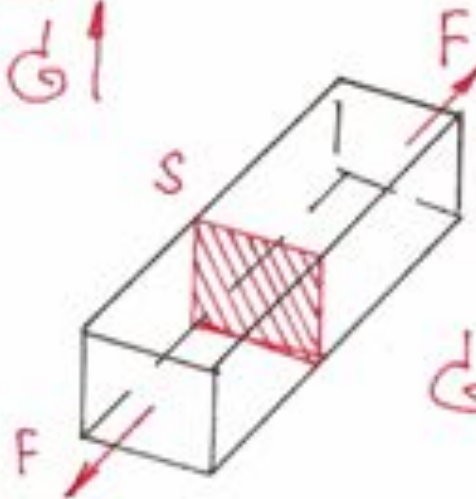


- Рассчитывая прочность изделия, внутреннюю силу обычно называют усилием.
- Величину усилия характеризует напряжение, которое возникает в теле в результате этого усилия.
- Таким образом, между напряжением и деформацией имеется тесная связь.

- Любое силовое воздействие на тело сопровождается возникновением в нем напряжений и развитием деформаций.

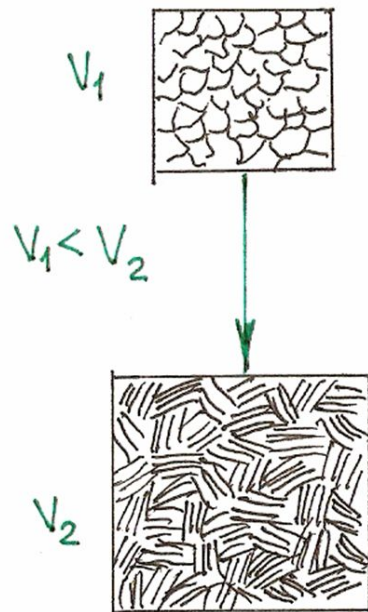
Напряжение - сила, отнесенная к площади сечения

$$E \left(\frac{\Delta L}{L_0} \right) = \sigma$$



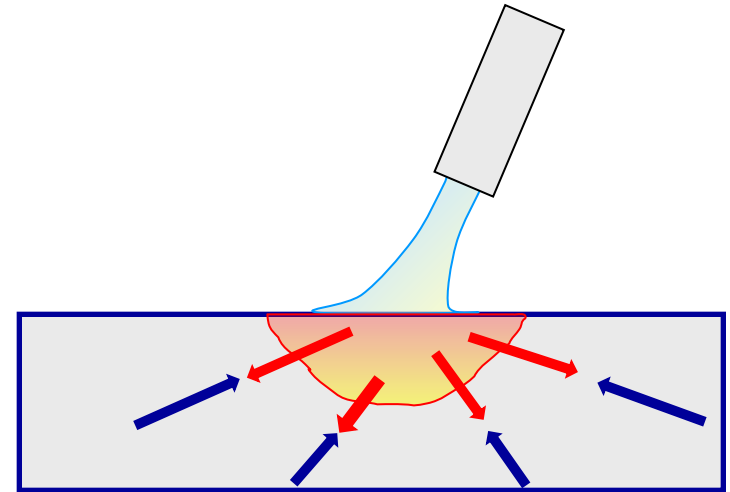
$$\sigma = \frac{F}{S} \left(\frac{\text{KSC}}{\text{MM}^2} \right)$$

Собственные напряжения- напряжения, которые возникают без приложения внешних сил



Структурные

(структурные превращения сходные с закалкой)

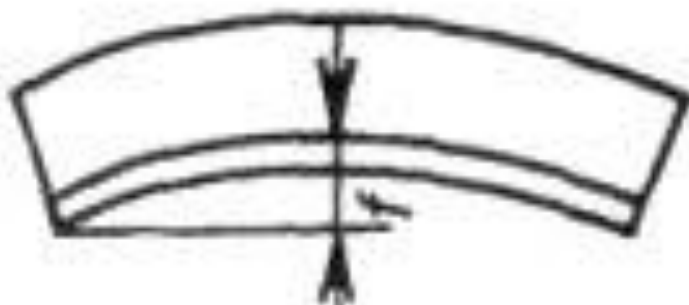


Тепловые

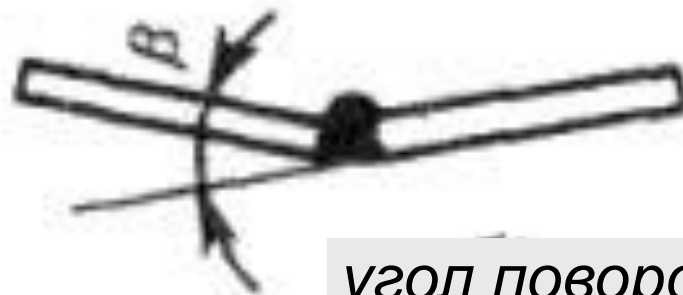
(неравномерное распределение температуры при сварке)

- Появление деформации в сварных конструкциях объясняется возникновением внутренних напряжений, причины которых могут быть разными и подразделяются группы.

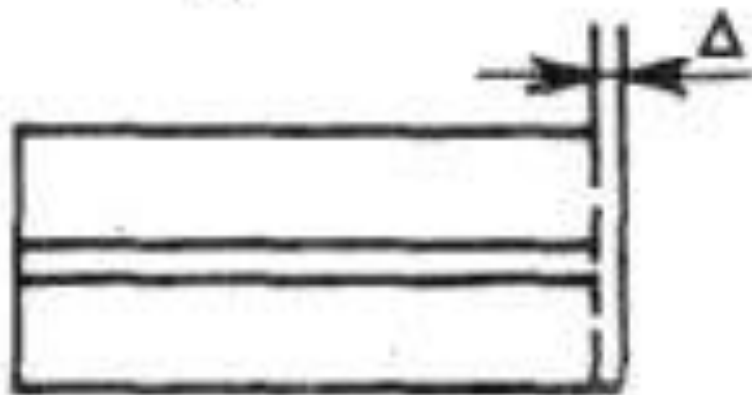
Виды перемещений при деформации



прогиб



угол поворота



укорочение



выход из
плоскости
равновесия.

Причины деформаций и напряжений

Субъективные

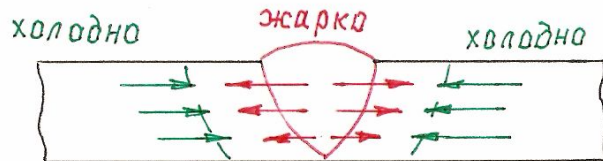
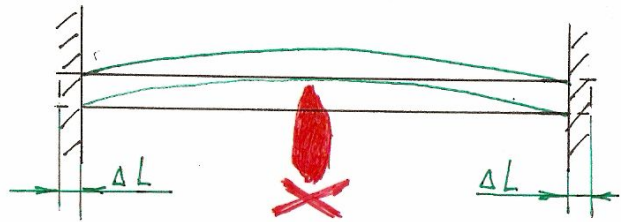
не правильно выбраны

технология сварки
данной марки стали

режим сварки

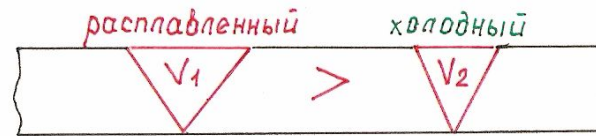
меры борьбы с деформациями и напряжениями и др.

неравномерный нагрев



Объективные

усадка сварочной ванны

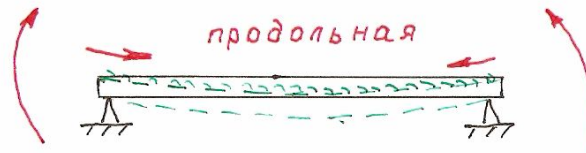


сталь 1,5-2% чугун 2-2,5%
цветные металлы 3-4%

поперечная



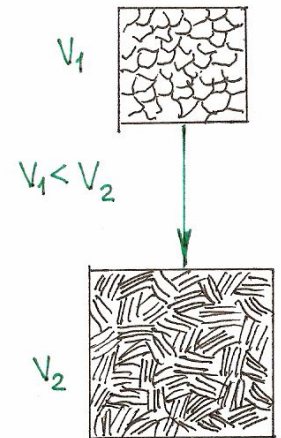
продольная



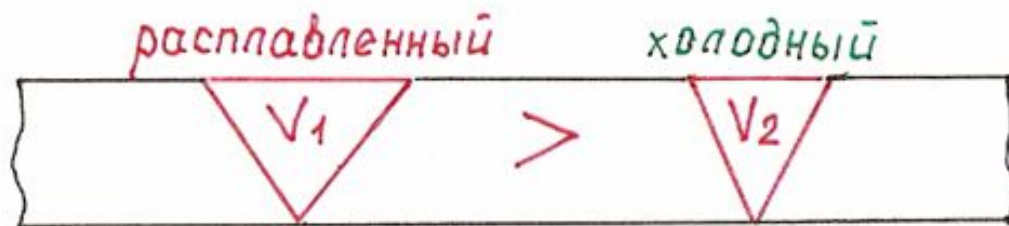
в сторону большего количества
наплавленного металла

структурные изменения

$C > 0,25\%$



усадка сварочной ванны



сталь 1,5-2%

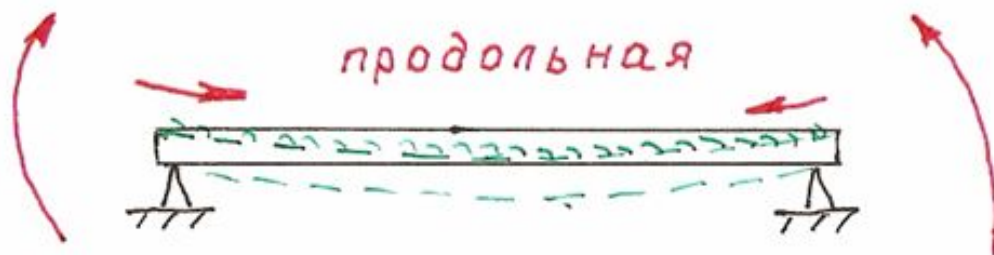
чугун 2-2,5%

цветные металлы 3-4%

поперечная



продольная



в сторону большего количества
наплавленного металла

Кристаллизационная усадка

- Когда металл переходит из жидкого состояния в твердое, его плотность возрастает, поэтому изменяется и его объем (это и называется усадкой)
- Данный процесс сопровождается растягивающими напряжениями, которые развиваются в соседних участках и влекут за собой соответствующие им напряжения и деформации.
- Усадка измеряется в процентах от первоначального линейного размера, а каждый металл или сплав имеет собственные показатели

Металл	Линейная усадка
Алюминий	1,7–1,8%
Бронза	1,45–1,6%
Латунь	2,06%
Медь	2,1%
Сталь (низкоуглеродистая)	2%
Чугун (серый литейный)	0,7–0,8%

- Напряжения, причиной которых является усадка, увеличиваются до тех пор, пока не наступает момент перехода упругих деформаций в пластические.
- При низкой пластичности металла на наиболее слабом участке может образоваться трещина. Чаще всего таким местом бывает околошовная зона.

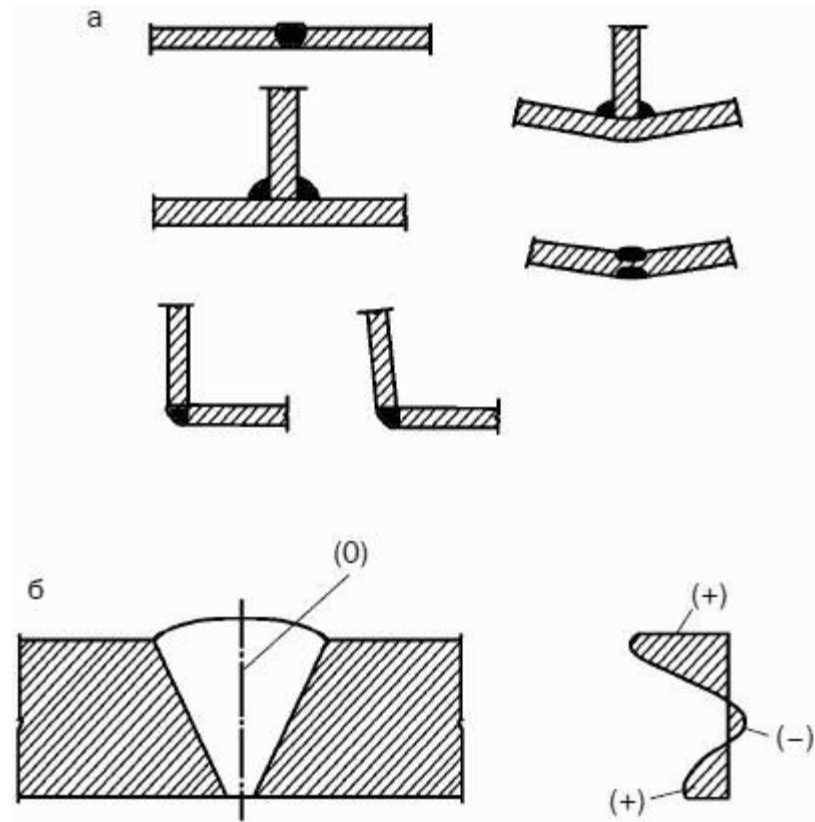
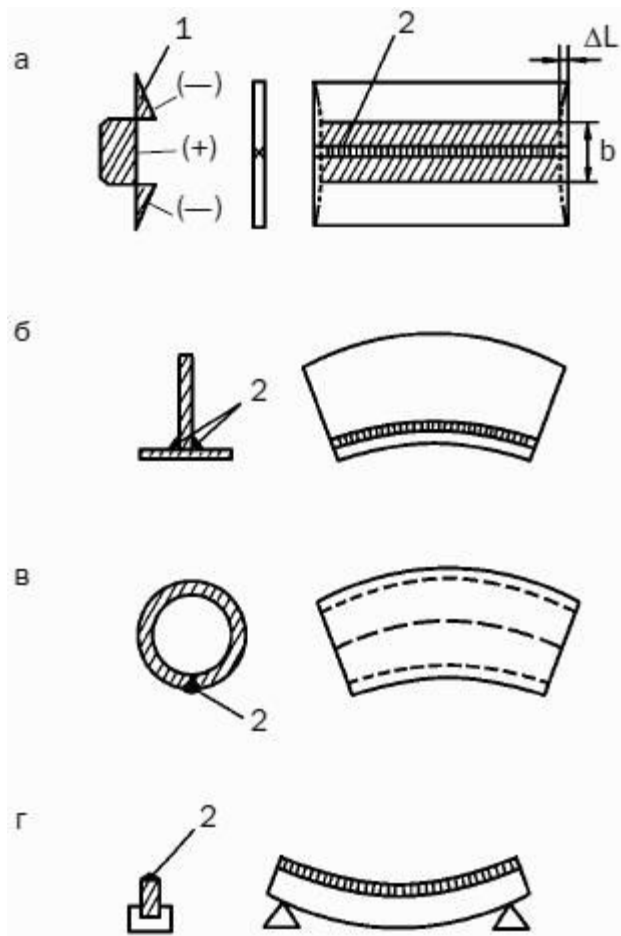
В зависимости от характера изменения размеров и формы

- « В ПЛОСКОСТИ»
- « ИЗ ПЛОСКОСТИ»

усадка и деформации

- продольная

- поперечная



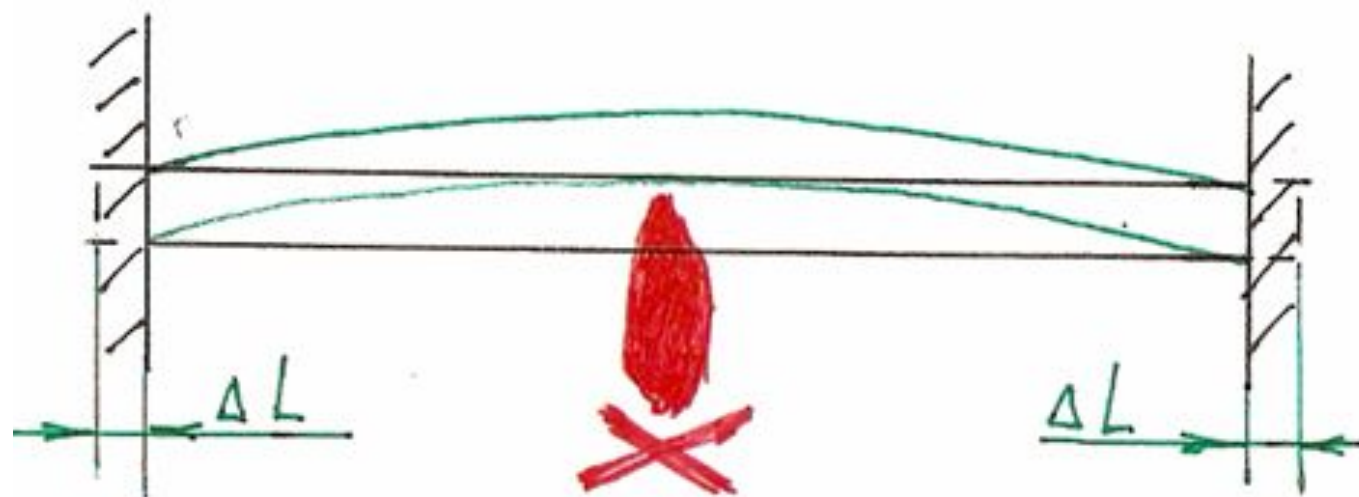
Величина деформаций при сварке зависит

- от размера зоны нагрева:
 - чем больший объем металла подвергается нагреванию, тем значительнее деформации.
- от размера и положения сварного шва.
 - Величина деформации тем существеннее, чем длиннее шов и больше его сечение, определенную роль играют также несимметричность шва и главной оси сечения свариваемого изделия.
- ОТ КОЛИЧЕСТВА ШВОВ
 - если деталь сложна по своей форме, то швов на ней бывает больше, поэтому можно предположить, что напряжения и деформация обязательно проявятся.

Направление деформации от поперечной усадки

определяется по следующему правилу –
***складывается в сторону
большего количества
наплавленного металла.***

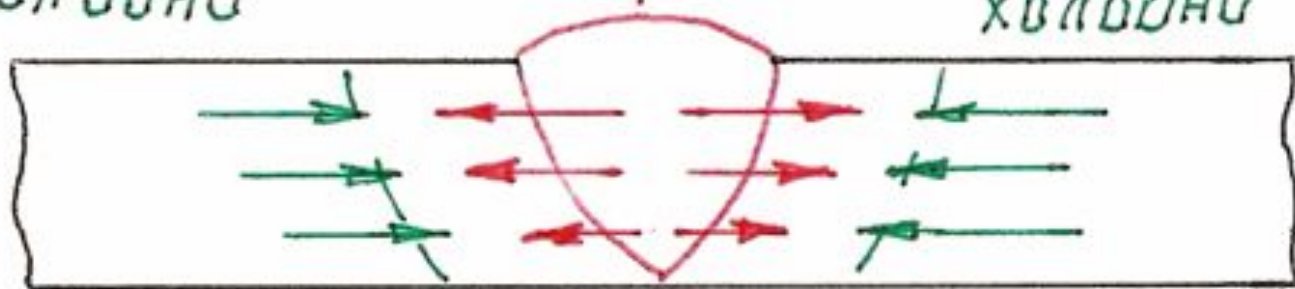
неравномерный нагрев



холодно

жарко

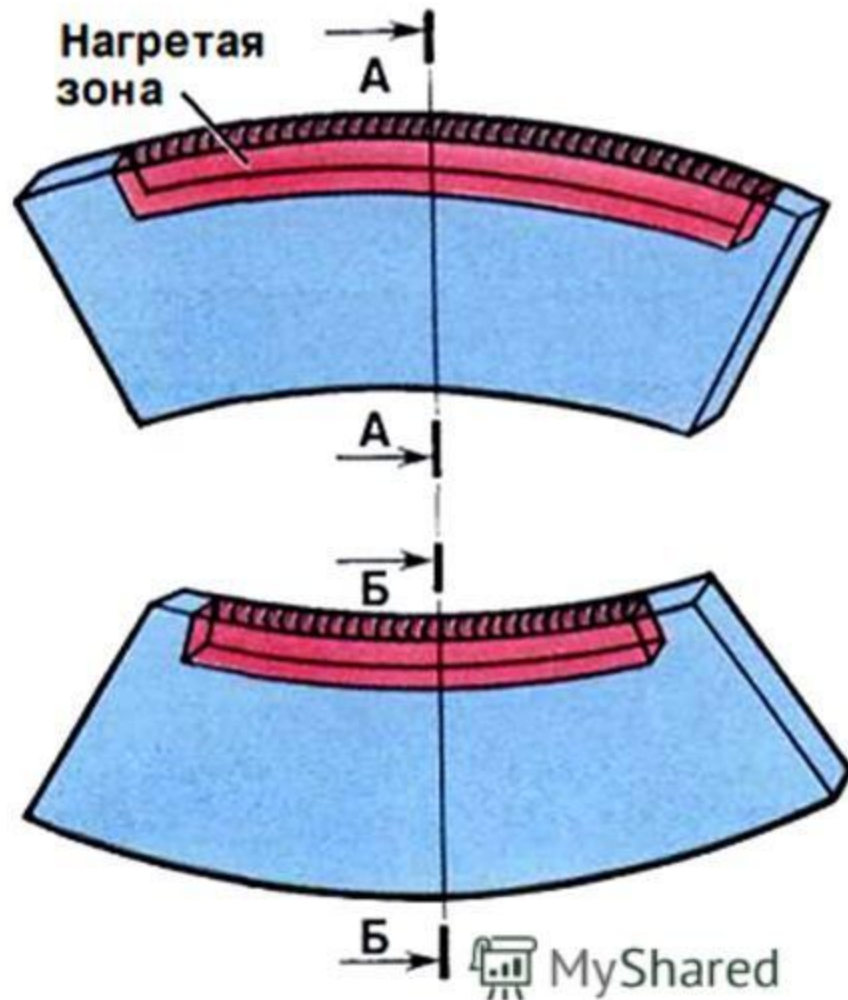
холодно



Неравномерное нагревание металла при сварке

Неравномерное нагревание металла при сварке

При наличии непрерывной связи между нагретыми и холодными участками металла свариваемой детали в нем возникают сжимающие и растягивающие внутренние напряжения.



2. Неравномерный нагрев

- Если свободному расширению или сокращению мешают какие-либо препятствия, то в изделии развиваются внутренние напряжения.
- Более холодные соседние участки и становятся такой помехой, поскольку их расширение выражено в меньшей степени, чем у нагретых участков.

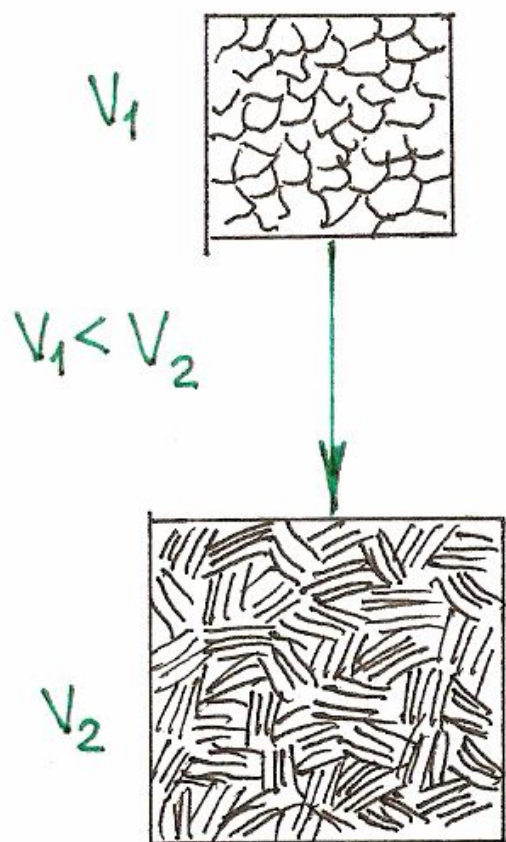
- **напряжения, действующие вдоль шва, менее опасны, поскольку не меняют прочности сварного соединения, в отличие от напряжений, перпендикулярных шву, которые приводят к образованию трещин в околошовной зоне;**

3. Структурные трансформации

- связанные с нагревом во время сварки шва и около шовной зоны до высоких температур и быстрым охлаждением, что характерно для процесса закалки.
- При этом образуются закалочные структуры (мартенсита, сорбита) имеющие больший объём, чем окружающий не закалившийся металл. Эта причина действует при сварке сталей склонных к закалке, содержащих углерод свыше 0,25%.

Структурные изменения

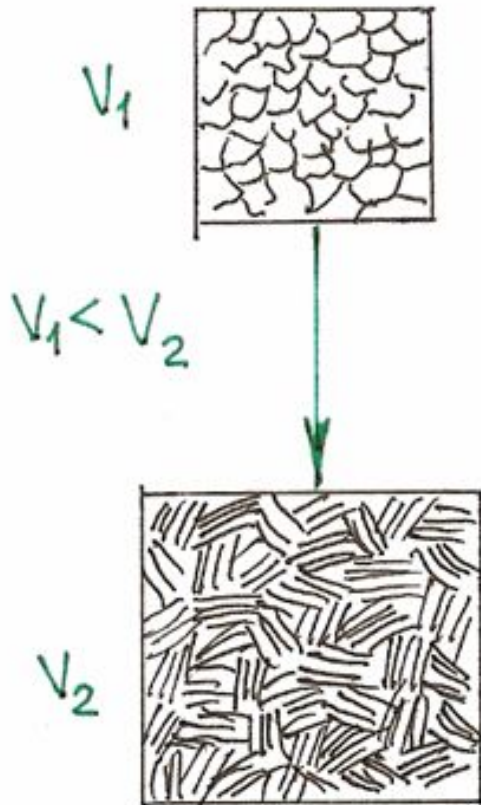
$$C > 0,25\%$$



- В конструкциях, изготовленных из сталей, при сварке которых возникают структурные напряжения,
- размеры и формы элемента могут изменяться с течением времени.
 - может быть достаточно для развития трещин

структурные изменения

$C > 0,25\%$



При сварке низкоуглеродистых, не закаливаемых сталей, не проявляется.

- От чего зависит величина и характер сварочных напряжений и деформаций?

величина и характер сварочных напряжений и деформаций зависит

- толщины металла
- кол-ва наплавленного металла
- свойств основного металла (значение коэффициента линейного расширения металла, склонность к закалке,)
- вида сварки, мощности источников теплоты

- Чем опасны напряжения и деформации?

Сварочные напряжения и деформации

в некоторых случаях

- снижают работоспособность
- портят внешний вид
- могут привести к браку
- снятие сварочных напряжений и исправление деформаций— весьма трудоемкая и сложная операция, и к ней следует прибегать только при действительной, технически обоснованной необходимости

- сварочные напряжения не снижают несущей способности конструкций
 - если металл, из которого изготовлена конструкция, в процессе ее эксплуатации находится в пластическом состоянии
- НО
 - даже низкоуглеродистая сталь, при определенных условиях может находиться в хрупком состоянии
 - низкая температура,
 - резкая концентрация напряжений,
 - наличие дефектов

Напряжения и деформации

- временные - по окончании сварки исчезают
- остаточные - сохраняются после охлаждения (сказываются на работе изделия)

- местные – локальный характер
- общие - в конструкции в целом

- Технологию следует разрабатывать с учетом обеспечения минимальных сварочных напряжений
- $\sigma \leq \sigma_{\text{текучести металла}}$