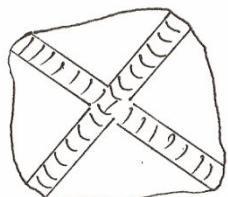


# Сварочные деформации и напряжения

- Посмотрите на следующий слайд и проговорите (вспомните )о каком методе борьбы идет речь и что надо делать, чтобы снизить сварочные деформации (изменение формы и размеров тела)

# Меры борьбы с деформациями и напряжениями

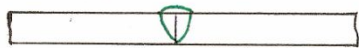
1



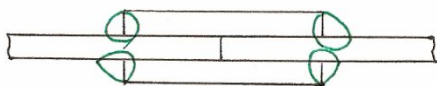
избегать

2

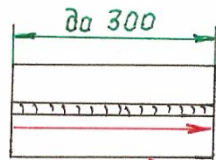
применять



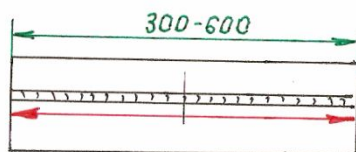
вместо



3



напроход

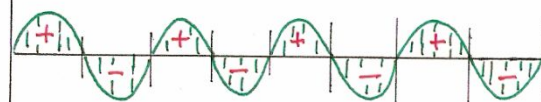


от середины к краям



обратно-ступенчатым способом

G



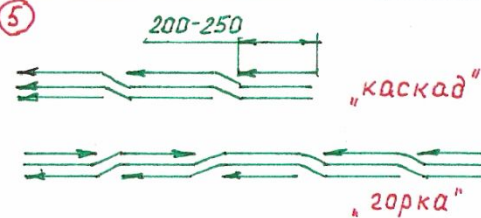
вместо



4



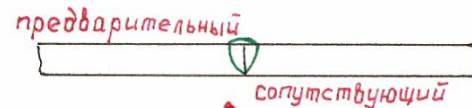
5



6

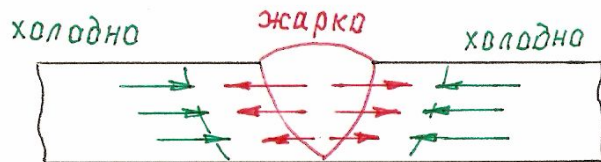
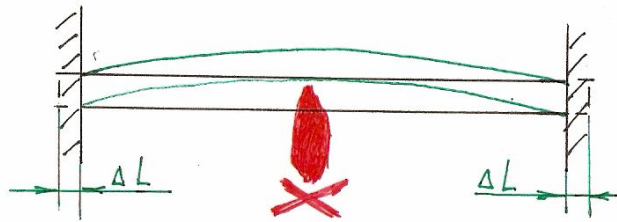


7

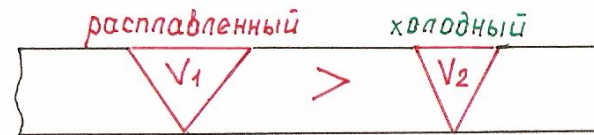


# Вспомните, из-за чего возникают деформации и напряжения при сварке?

неравномерный нагрев



усадка сварочной ванны

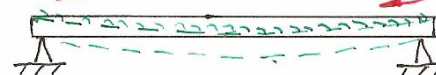


сталь 1,5-2%      чугун 2-2,5%  
цветные металлы 3-4%

поперечная



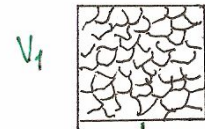
продольная



в сторону большего количества  
наплавленного металла

структурные изменения

$C > 0,25\%$

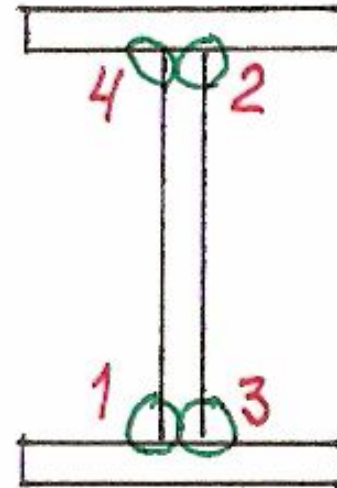
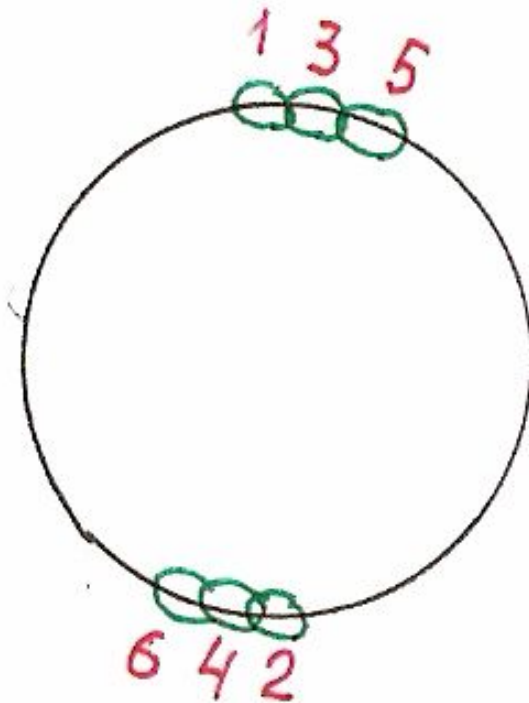


$V_1 < V_2$



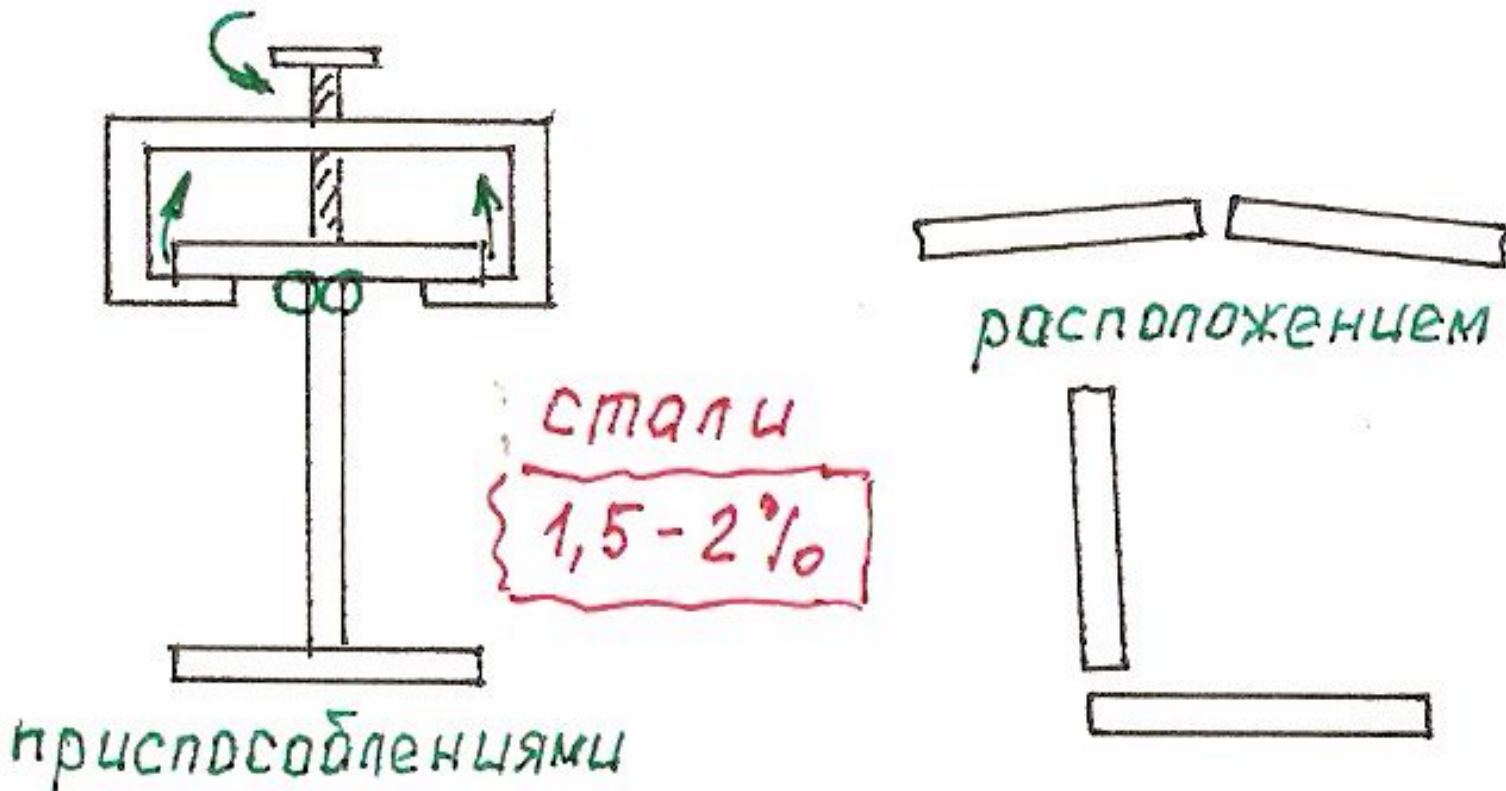
1. Продолжаем рассматривать мероприятия, **предотвращающие** возможность возникновения напряжений и деформаций или уменьшающие их влияние.

## ⑧ Уравновешивание деформаций



выбирается такой порядок наложения швов, чтобы деформация от наложения последующего шва, ликвидировала бы деформацию от предыдущего.

## ⑨ Использование обратных деформаций



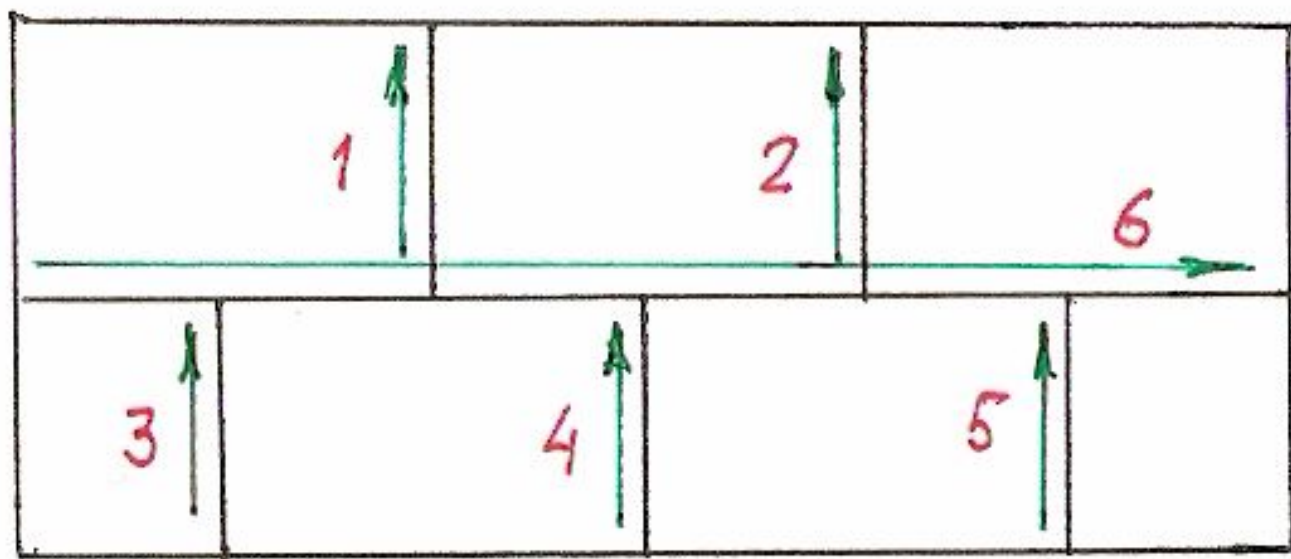
свариваемым частям искусственно придают деформацию обратную той, которая получится после сварки

# 10

- При сварке листовых конструкций, изготавливаемых из отдельных листов, рекомендуется сваривать **короткие** швы, собирая с помощью их полотнища (картины), **а затем длинные** швы, собирая конструкцию в целом.



10



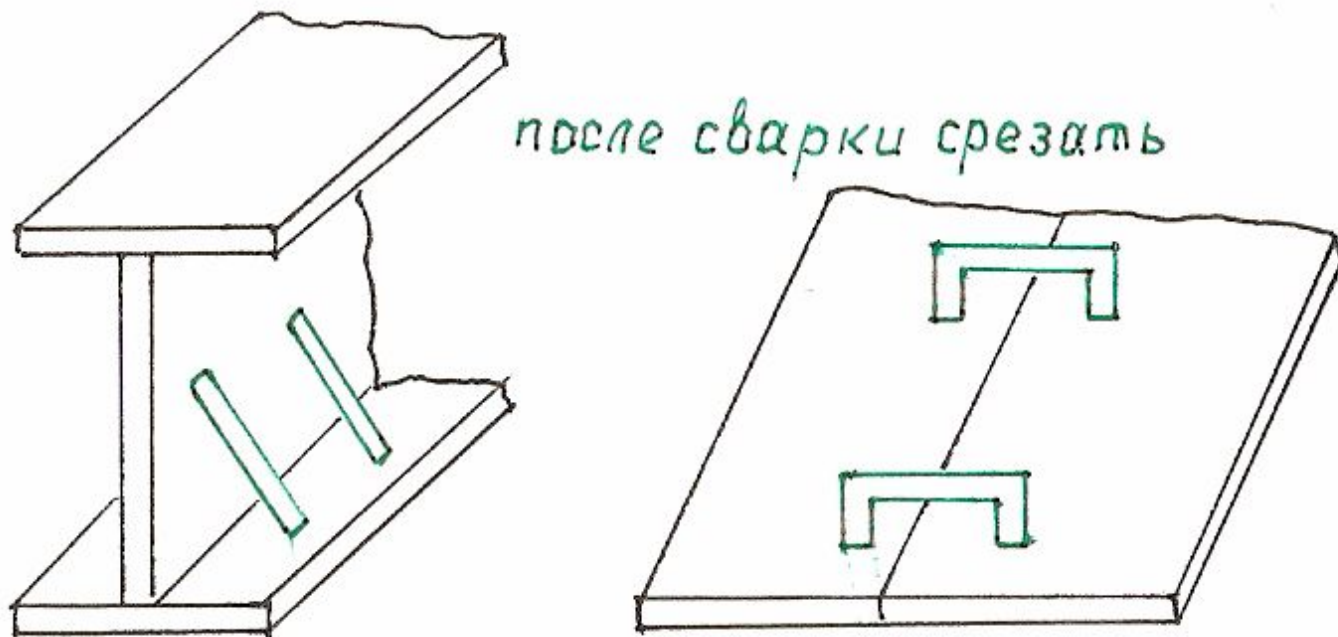
С начала короткие – затем длинные швы

20

# 11

- **Использовать дополнительные детали** в виде скоб или стержней (обрезков прутков, уголков, труб, и т.п.), которые перед сваркой основного шва следует приварить к соединяемым частям и которые будут препятствовать образующимся деформациям.
- После сварки эти детали удаляются.

⑪ *Использовать дополнительные детали*

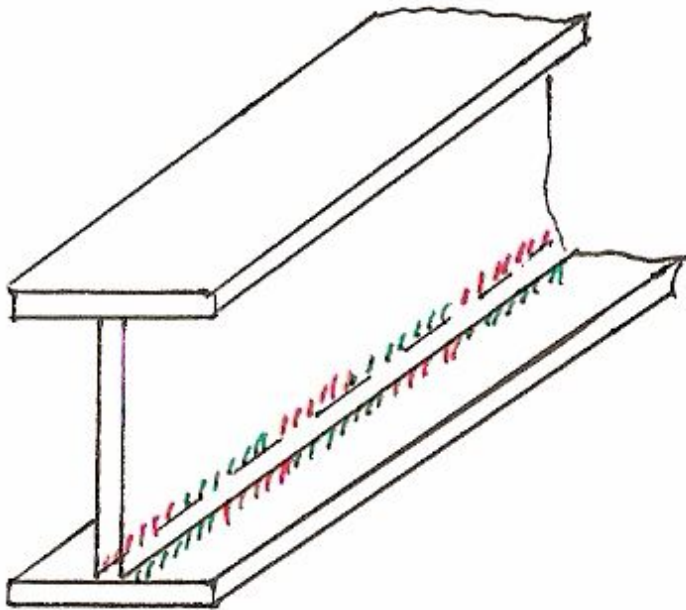


Поскольку дополнительные детали препятствуют возможным деформациям, внутренние напряжения могут привести к трещинам. Поэтому сварку следует вести электродами типа Э42А, Э46А, способствующими получению **металла шва более пластичного и вязкого**

# 12

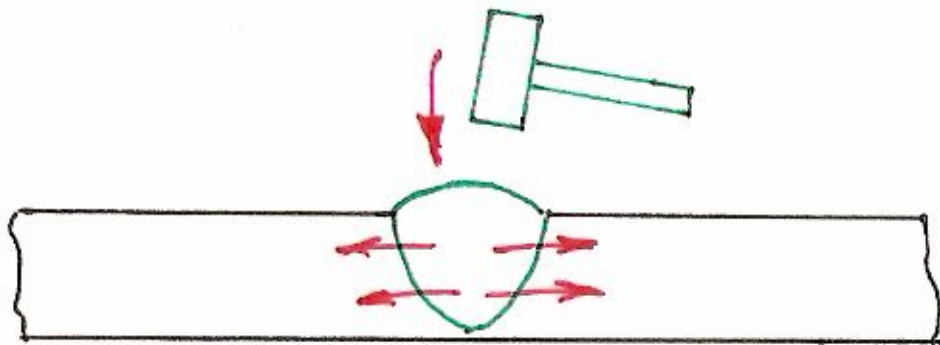
- Использовать **прерывистые швы**, которые способствуют более равномерному прогреву шва по длине и меньшей усадке.
- При требовании к сплошности шва, свободные участки проварить следующим проходом.

⑫ Использовать прерывистые швы



Расстояние между участками не менее 30-40 мм

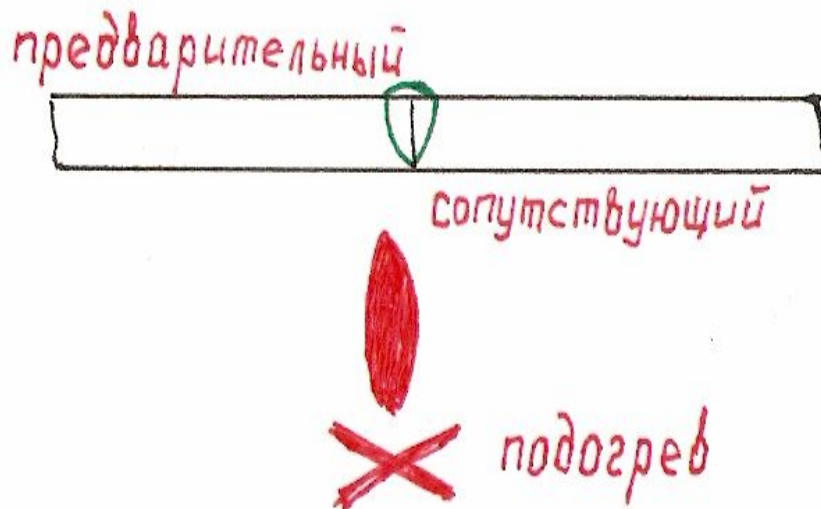
⑬ Использовать проковку



чугуны, цветные металлы  
и сплавы

Использовать проковку шва, в горячем состоянии, лёгкими ударами молотка со сферическим бойком. Это уменьшит деформацию и напряжения от усадки, особенно при сварке чугунов, цветных металлов и сплавов.

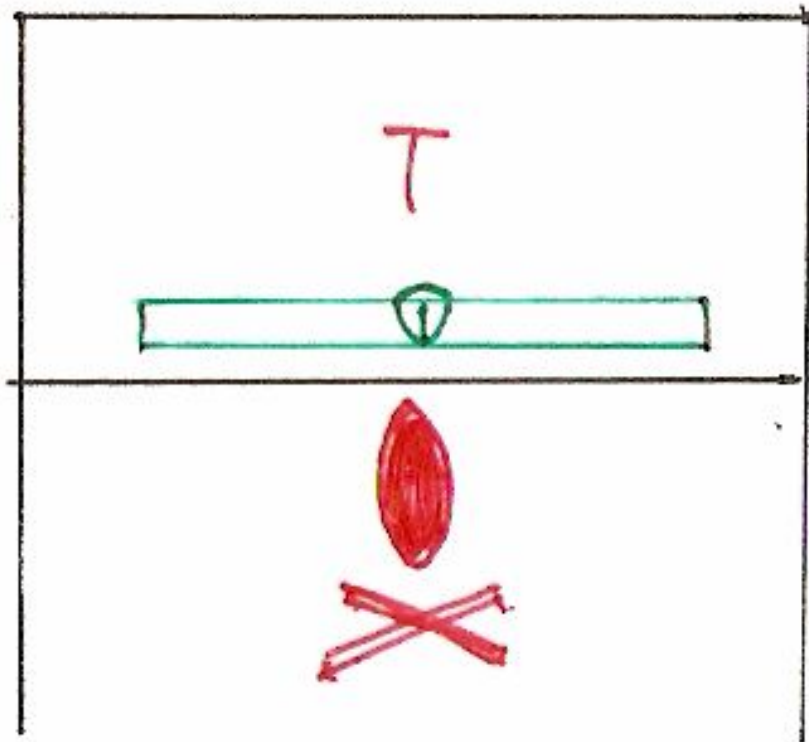
7



Использовать предварительный и сопутствующий во время сварки подогрев свариваемых частей, который необходимо применять при сварке сталей не обладающих хорошей свариваемостью и склонных к закалке .

При этом происходит более замедленное охлаждение соединения и меньшая вероятность закалки , последующих структурных изменений и внутренних напряжений.

# 14) Использовать термообработку



- полный отжиг
- нормализация
- неполный отжиг

Использовать термообработку (ТО) после сварки, которую производят в печах



# ТО для сварных конструкций

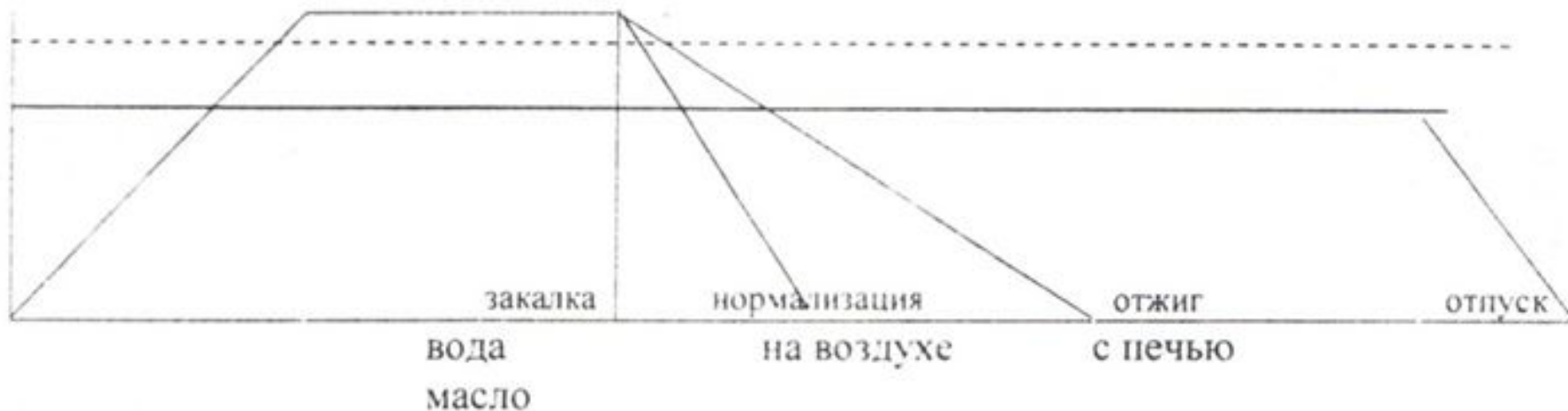
— полный отжиг (нагрев 1000—1200 град, и медленное охлаждение с печью), который даёт следующие результаты:

- а) получение мелкозернистого строения не только шва, но и основного металла и повышение за счёт этого его механических свойств;
- б) снижение твёрдости и улучшение механической обрабатываемости;
- в) снятие внутренних напряжений в соединении и в целом в конструкции

# ТО для сварных конструкций

- Нормализация
  - охлаждение производится ускоренно на воздухе, а не в печи, как при полном отжиге и от этого несколько снижена пластичность.
- неполный отжиг (нагрев до 600—650 град, и медленное охлаждение).
  - Применяется для снятия только части внутренних напряжений.

$\Gamma_{кр}$

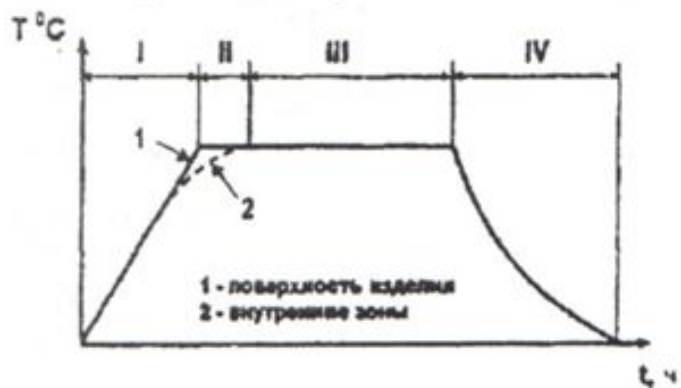


## ОТПУСК СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- НАЗНАЧЕНИЕ:
- Улучшение структуры и свойств
  - Снижение химической неоднородности
  - Уменьшение остаточных напряжений

### Выравнивание

Нагрев Выдержка Охлаждение



### Стадии отпуски сварных конструкций



⑮ *Использовать сборочно-сварочные приспособления*



(струбцины, прижимы, клинья, кондукторы и т.п.), обеспечивающие жёсткое закрепление свариваемых частей и препятствующие деформациям.

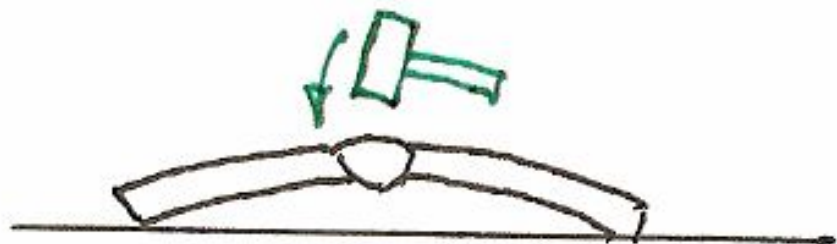
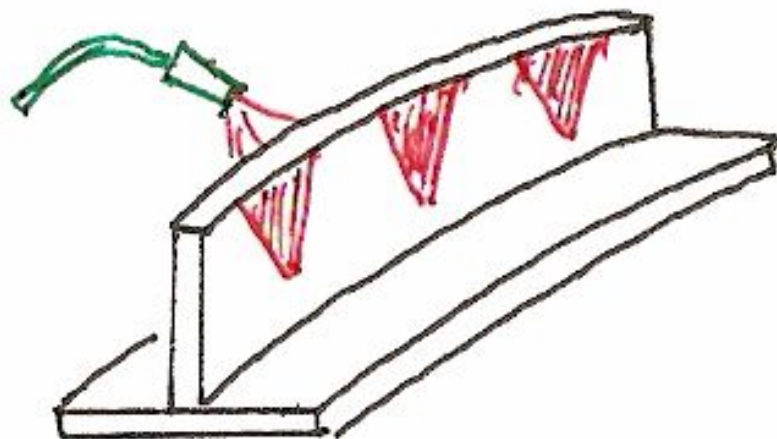
Но при этом следует сварку вести на больших токах и пользоваться электродами, дающими более пластичный металл шва (Э42А; Э46А), иначе возможно образование трещин

Мероприятия, обеспечивающие  
**последующее исправление**  
деформаций и снятие остаточных  
напряжений

16) Если, то

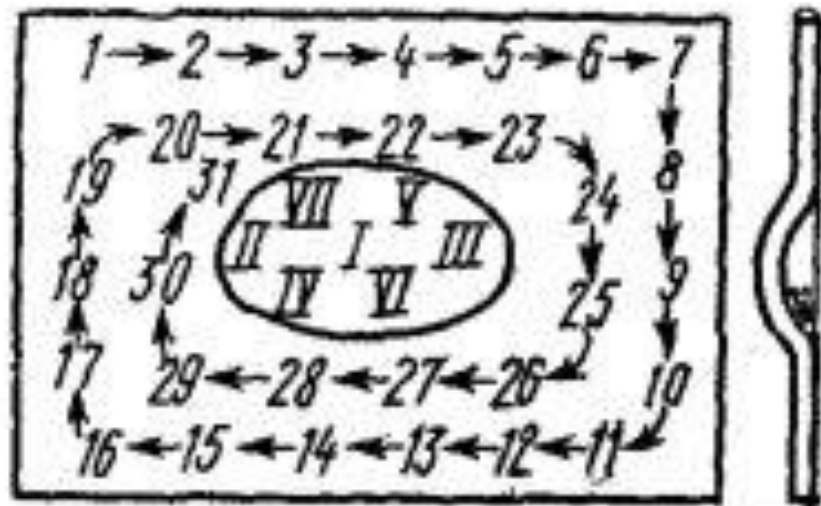
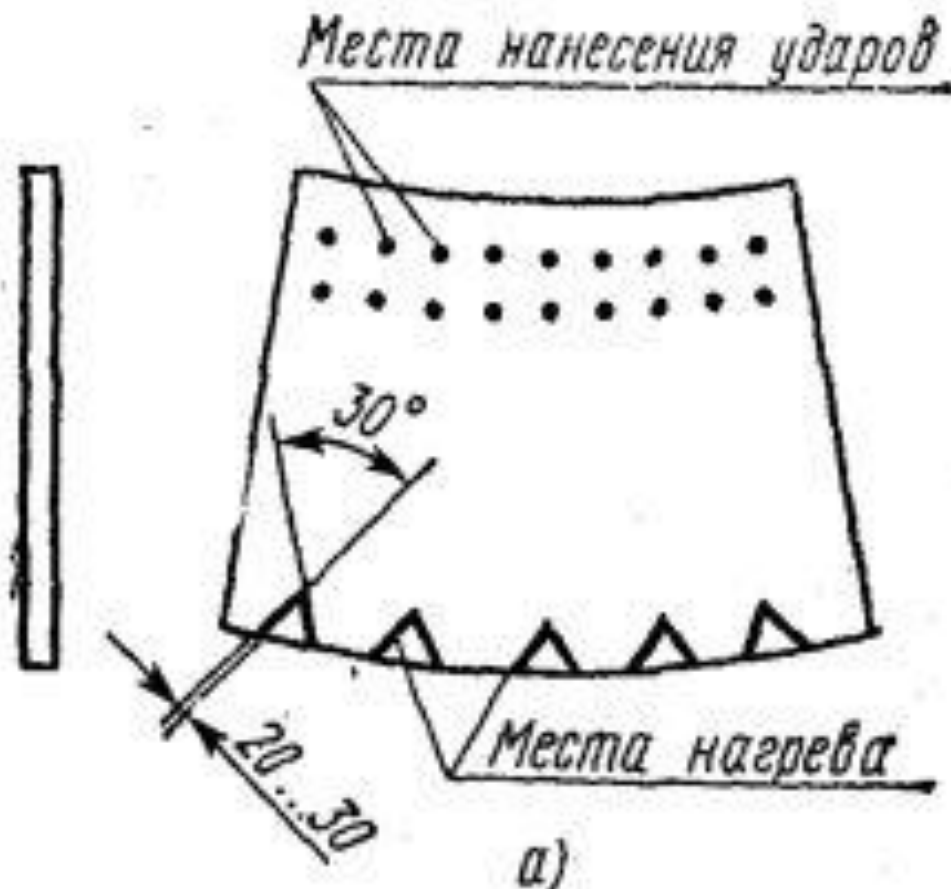


механическая



# механическая или холодная правка

- подогрева металла не производится.
- Для этого используются домкраты, прессы, молотки, кувалды, прилагая усилия или удары со стороны наибольшего выгиба, который нужно стремиться ликвидировать в обратном направлении.



Схемы правки плоской заготовки  
 с серповидным прогибом (а) и выпучиной (б):  
 1...31 — места нанесения ударов;  
 I... VII — зоны нагрева



# термическая или горячая правка

- пламенем горелки нагреваются определённые места в конструкции, обычно выпуклые участки.
- При остывании этих мест возникают остаточные напряжения сжатия (растяжения) ликвидирующие деформацию.

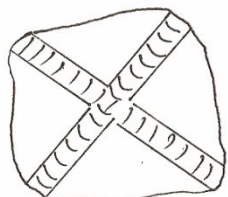
# Термомеханическая правка

- выпуклый участок нагревается, за счёт чего металл на нём становится более пластичным, а затем домкратом, прессом, молотком создаётся обратная деформация.

- После любого вида правки рекомендуется произвести термообработку изделия для снятия внутренних напряжений.

# Меры борьбы с деформациями и напряжениями

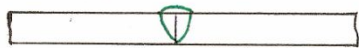
1



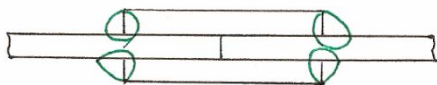
избегать

2

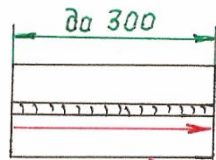
применять



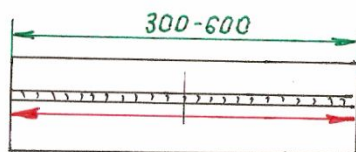
вместо



3



на проход

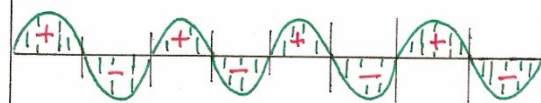


от середины к краям



обратно-ступенчатым способом

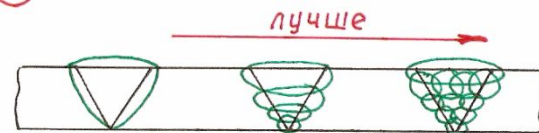
G



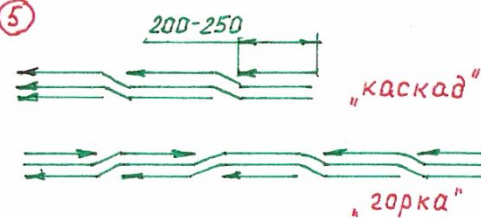
вместо



4



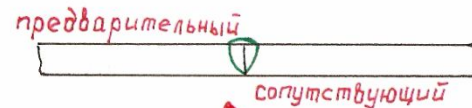
5



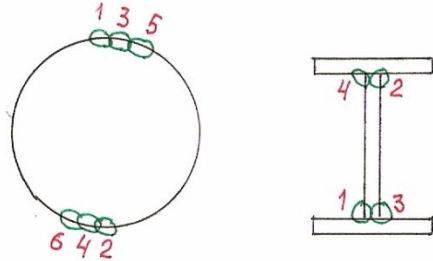
6



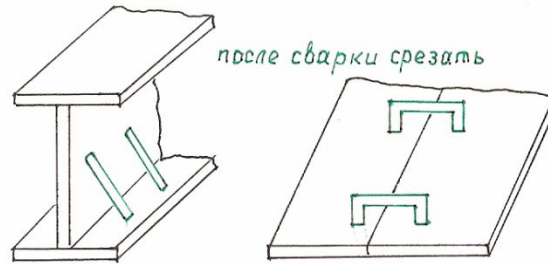
7



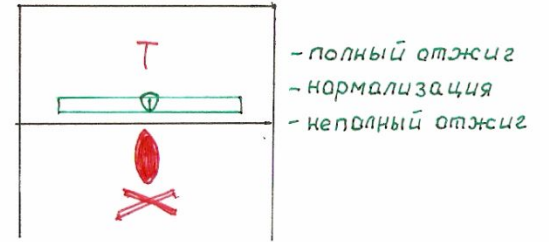
8) Уравновешивание деформаций



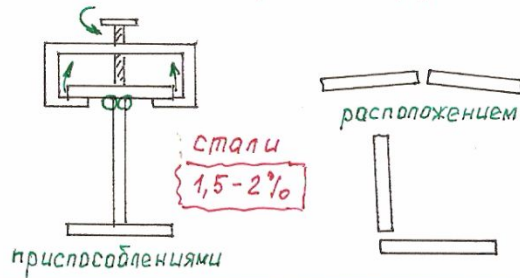
11) Использовать дополнительные детали



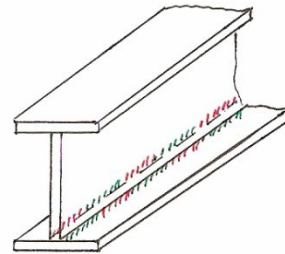
14) Использовать термобработку



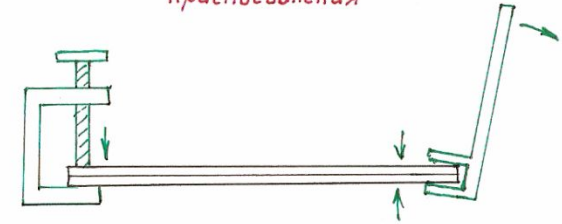
9) Использование обратных деформаций



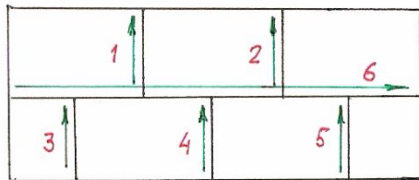
12) Использовать прерывистые швы



15) Использовать сборочно-сварочные приспособления

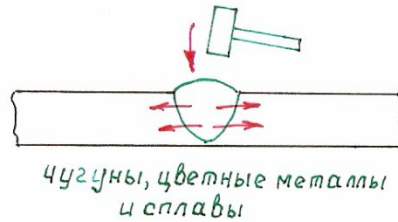


10)

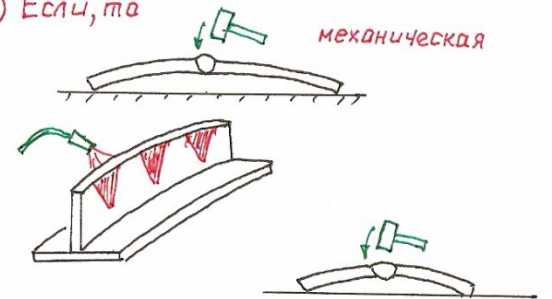


с начала короткие - затем длинные швы

13) Использовать проковку



16) Если, то



## ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ СВАРКЕ

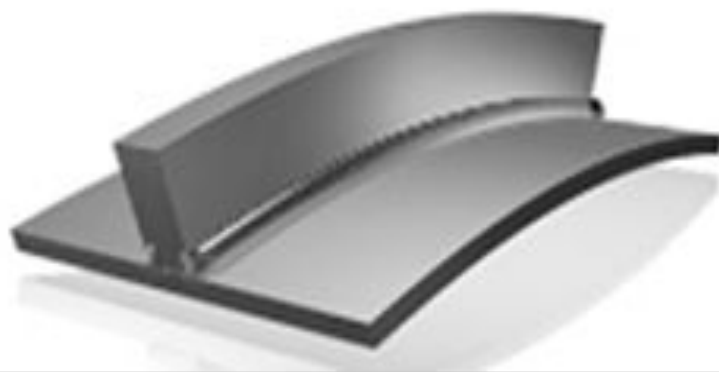
- Применять такие марки электродов, которые дают пластичный металл шва
- Выполнять швы с меньшим количеством наплавленного металла, симметрично расположенные относительно центра тяжести сечения элемента; использовать прерывистые швы с расстоянием между ними не менее 30-40 мм.
- Избегать в конструкциях, особенно работающих при ударных нагрузках, вибрациях и низких окружающих температурах, скоплений большого количества сварных швов замкнутого контура, так как в подобных местах происходит концентрация собственных напряжений.
- Симметрично располагать ребра жесткости в конструкциях.
- Ограничивать применение накладок и косынок.
- Применять при возможности стыковые швы, так как они обеспечивают наименьшую концентрацию напряжений.
- Использовать методы секционного изготовления конструкций с последующей сборкой и сваркой готовых узлов, а так же применять штампованные и литые детали при сборке узлов сложной конфигурации
- Преимущественно применять швы с глубоким проплавлением, а также полуавтоматическую и автоматическую сварку под флюсом и в защитном газе, обеспечивающих большую скорость сварки, требующих малых зазоров между листами и обуславливающих более равномерное остывание шва



# Проверочная работа

## Задание №1

На рисунке представлена деформация, наблюдаемая в готовом сварном соединении. Определите вид деформации и предложите мероприятия по предупреждению данного дефекта.



## Задание №2

Проанализируйте порядок наложения сварных швов на рисунках. Выберите рисунок, на котором изображена более рациональная последовательность наложения сварных швов. Обоснуйте свой выбор



Рис.1



Рис.2

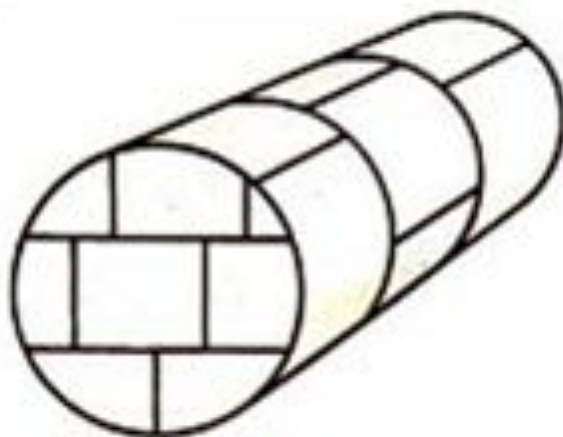


Рис.3



## Задание №3

Предложите порядок наложения сварных швов при сварке резервуара, изображённого на рисунке, с учётом снижения напряжений и деформаций после сварки.



Резервуар