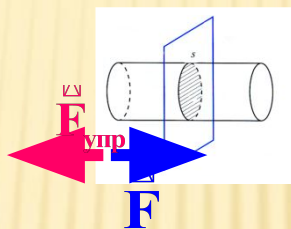


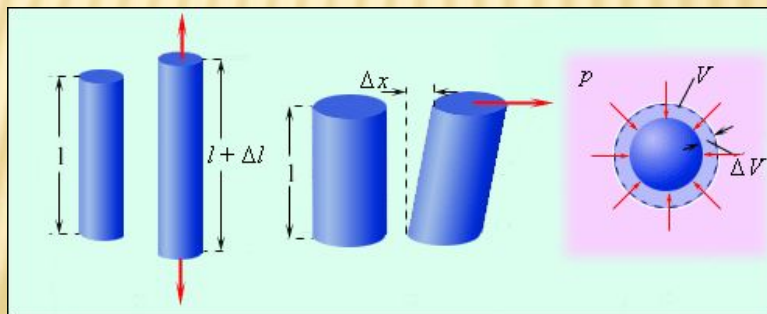
ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ

НАПРЯЖЕНИЕ И ДЕФОРМАЦИЯ

Механическое напряжение — это мера внутренних сил, возникающих в деформируемом теле под влиянием внешних воздействий. Механическое напряжение в точке тела измеряется отношением силы, возникающей в теле при деформации, к площади малого элемента сечения



Деформация – изменение размеров и формы конструкции под действием внешних сил

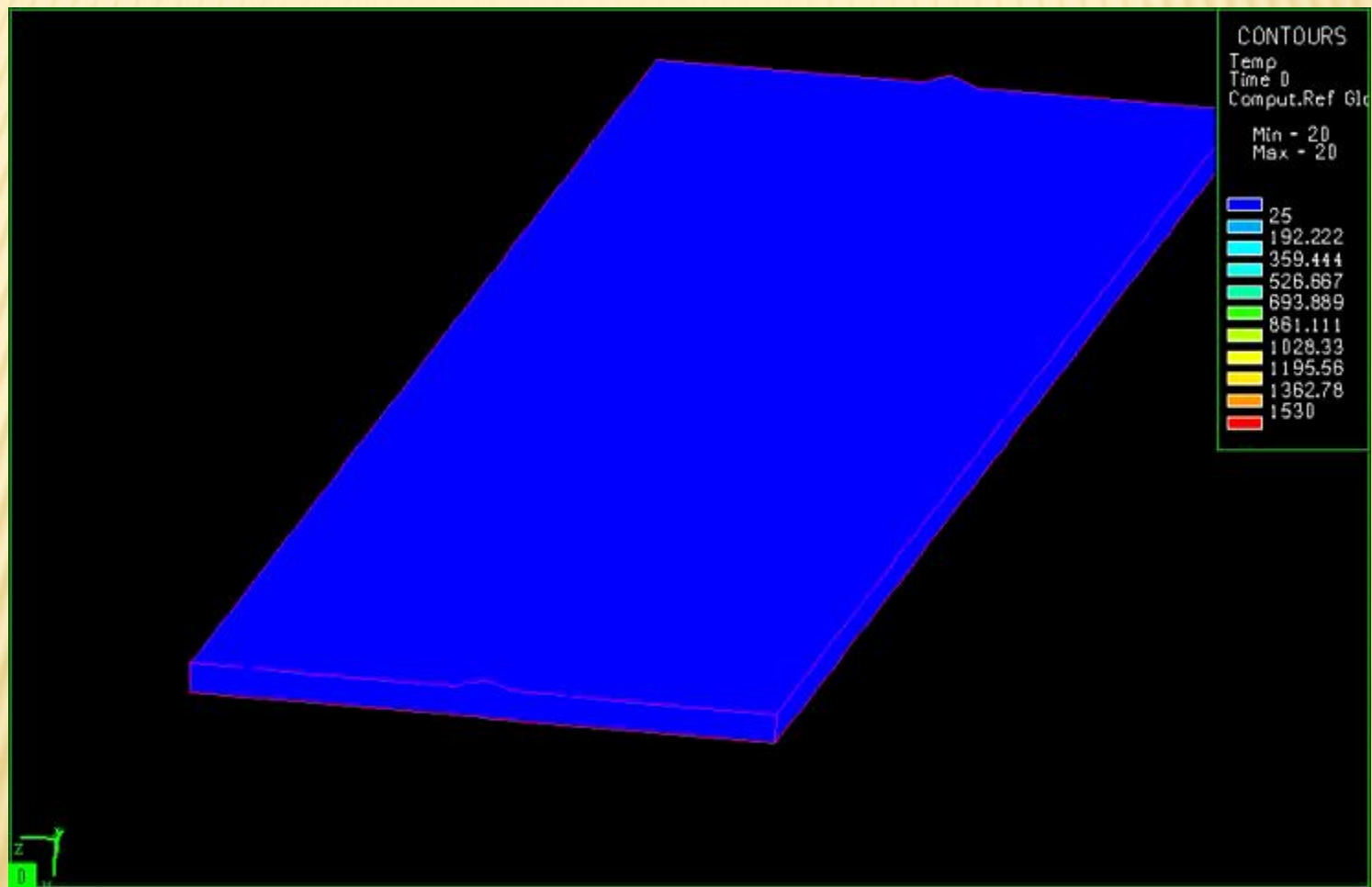


Некоторые виды деформаций твердых тел: 1 – деформация растяжения; 2 – деформация сдвига; 3 – деформация всестороннего сжатия

НАПРЯЖЕНИЕ И ДЕФОРМАЦИЯ

Если форма и размеры восстанавливаются после прекращения действия силы, то такая деформация будет **упругой**. Если тело не принимает первоначальной формы, оно получило остаточную, или **пластическую**, деформацию.

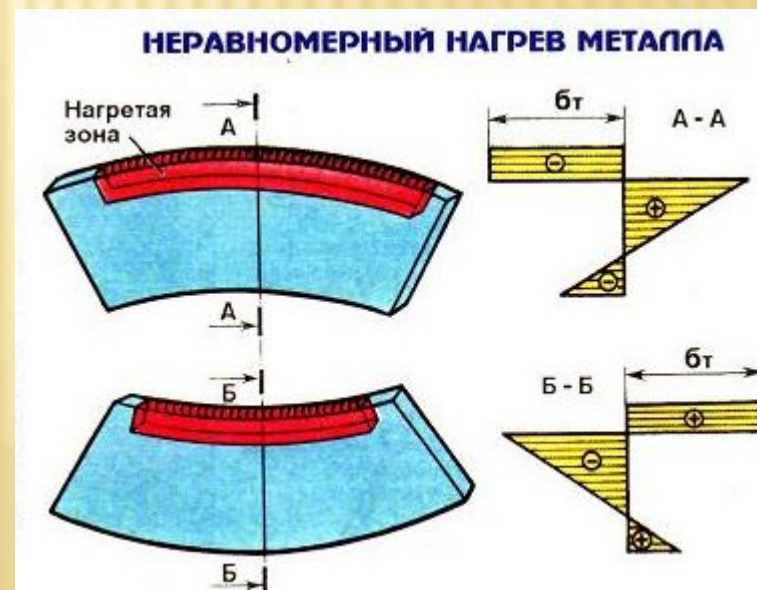
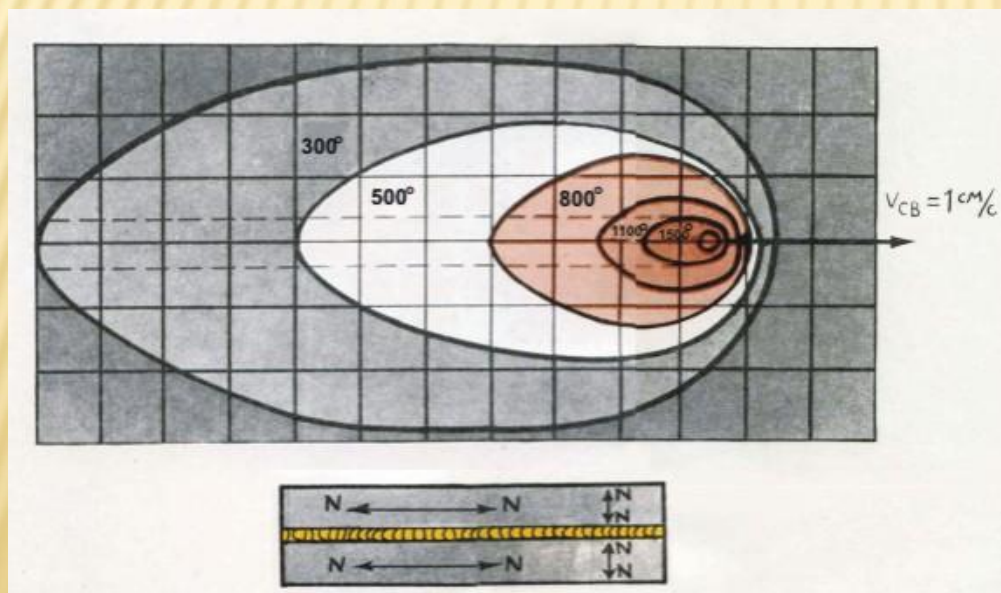
Размеры деформации определяются величиной приложенного усилия. Чем больше усилие, тем больше вызываемая им деформация. О величине усилия судят по напряжению, вызываемому данным усилием в теле. Таким образом, между напряжением и вызываемой им деформацией существует прямая зависимость.



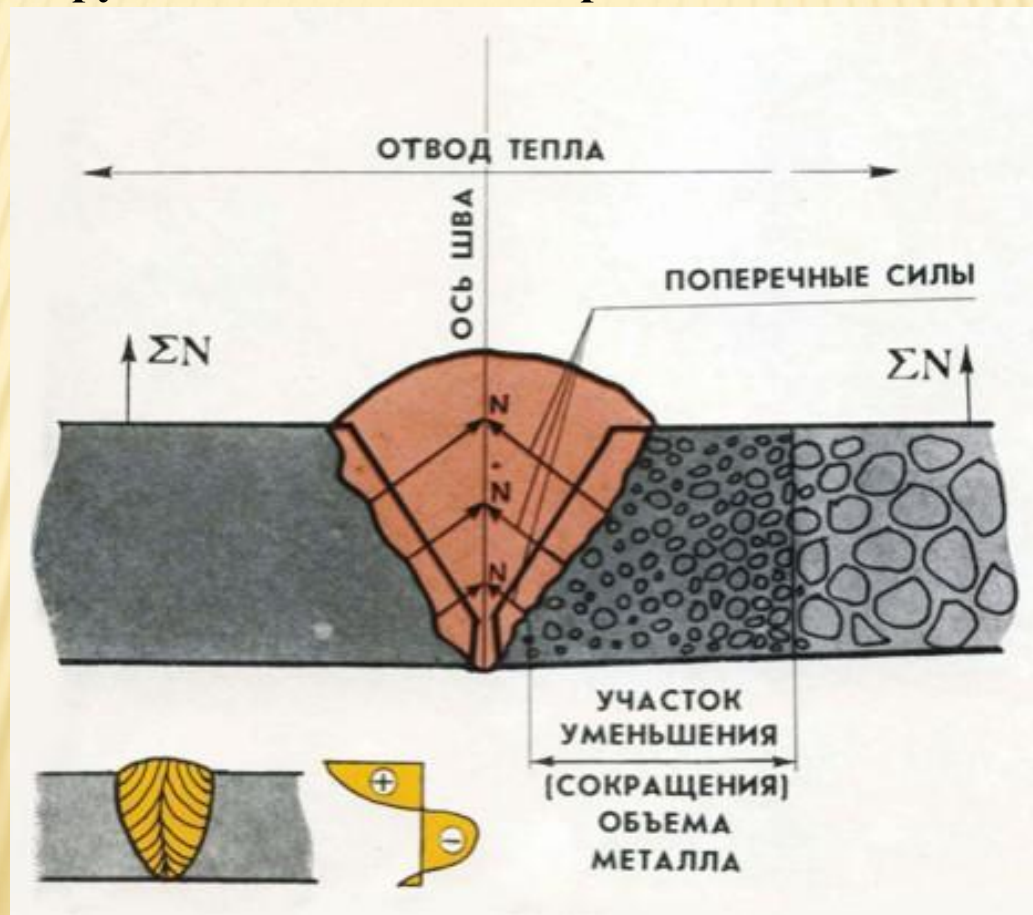


ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ, НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ

Процесс сварки обычно сопровождается неравномерным нагревом, расширением металла и пластическими деформациями, что приводит к образованию собственных деформаций и напряжений. Собственные напряжения создают так называемые внутренние усилия в деталях и конструкциях; под действием этих сил могут возникать значительные перемещения отдельных точек сварных конструкций вследствие их укорочения, изгиба, закручивания и т. п.



Структурные (фазовые) превращения закаливающих сталей и других сплавов в зоне термического влияния



ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ

Деформации в сварных конструкциях являются результатом наличия внутренних напряжений, которые могут вызываться различными причинами.

К **неизбежным причинам**, способствующим возникновению напряжений и деформаций, относятся такие, без которых процесс обработки происходить не может. К этим причинам при сварке относят неравномерный нагрев, кристаллизационную усадку швов, структурные изменения металла шва и околошовной зоны и т. д.

К **сопутствующим причинам**, способствующим возникновению напряжений и деформаций, относятся такие, без которых процесс сварки может происходить. К таким причинам при сварке относят:

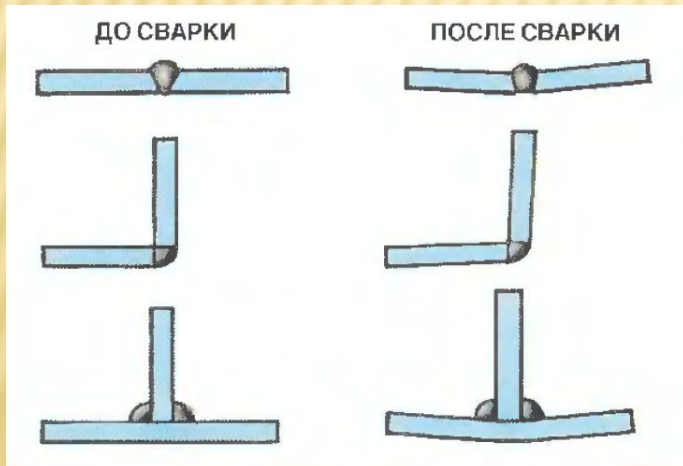
- неправильные решения конструкции сварных узлов (близкое расположение швов, их частое пересечение, неправильно выбранный тип соединения и т. д.);
- применение устаревшей техники и технологии сварки (неверно выбраны способы наложения слоев и диаметр электрода, не соблюдаются режимы сварки и т. д.);
- низкая квалификация сварщика, нарушение геометрических размеров сварных швов и т. д.

КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

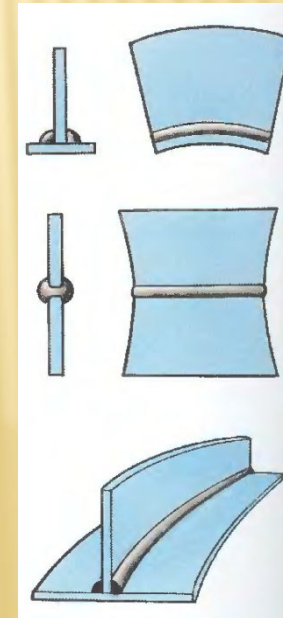
Деформации могут быть продольными и поперечными, деформациями изгиба, скручивания и потери устойчивости.

В результате продольных и поперечных деформаций происходит сокращение элементов по длине и ширине. Эти деформации образуются при симметричной укладке сварных швов.

Деформации от поперечной усадки



Деформации от продольной усадки



КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Деформации **изгиба** образуются при несимметричном расположении сварных швов в конструкциях и сопровождаются продольным сокращением элементов — продольной усадкой швов и поперечным сокращением — поперечной усадкой швов. Этот вид деформации в практике встречается довольно часто.

Деформации **скручивания** образуются вследствие несимметричного расположения швов в поперечных сечениях элементов и встречаются относительно редко.

Деформации **потери устойчивости** вызываются сжимающими напряжениями, которые образуются в процессе нагревания и остывания изделий.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

1.Рациональное конструирование сварных узлов

Рабочие чертежи сварных конструкций следует разрабатывать с учетом мероприятий по уменьшению сварочных напряжений и деформаций. Для этого сварные соединения конструируют таким образом, чтобы объем наплавленного металла был минимальным. Например, при толщине металла более 12 мм следует применять X- и K-образную подготовку кромок. С этой же целью заменяют прерывистые соединения на сплошные швы меньшего сечения. Выполняют стыковые швы при минимальном угле раскрытия шва и минимальном зазоре. Избегают резких переходов сечений, а также применяют преимущественно стыковые соединения и не допускают концентрации и пересечений сварных швов.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

2. Технология сборки и сварки

Порядок сборки под сварку, способ сварки, режимы сварки и последовательность наложения шва по его длине и сечению оказывают значительное влияние на величину деформаций и напряжений при сварке. Чтобы уменьшить остаточные деформации и напряжения конструкций и изделий при сборке, по возможности не допускают скрепления узлов и деталей прихватками, которые создают жесткое закрепление. Для обеспечения подвижного состояния закрепленных деталей используют клиновые центровочные и другие сборочные приспособления.

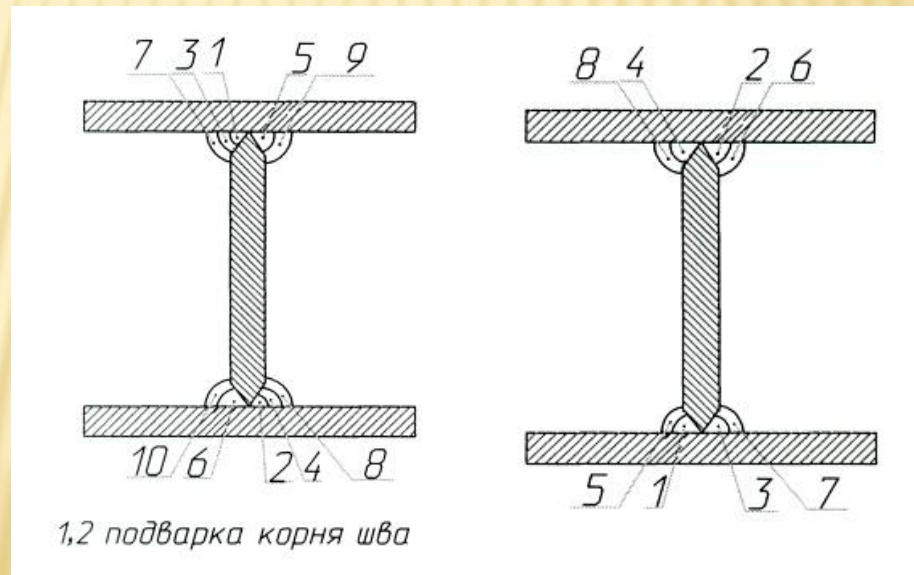
На образование остаточных деформаций и напряжений значительное влияние оказывает способ сварки.

На величину и характер сварочных напряжений и остаточных деформаций влияет погонная энергия сварки и режим сварки. Увеличение сечения шва, как правило, способствует росту деформаций. Величина остаточных деформаций и напряжений зависит и от порядка наложения швов по длине и сечению. Например, при сварке листовых конструкций вначале выполняют поперечные швы отдельных поясов, а затем соединяют пояса между собой.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

3. Уравновешивание деформаций

Сущность этого способа заключается в том, что устанавливают определенную последовательность наложения швов, при которой деформации от предыдущих швов снижаются при выполнении последующих швов. Этот способ широко применяют при сварке стержневых конструкций или деталей симметричного сечения.



Сварка балки с $t > 8$ мм Сварка балки с $t < 8$ мм.

СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ШВОВ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ

"НАПРОХОД"



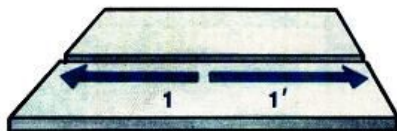
Для коротких
(до 250 мм) швов



- общее направление сварки



"ОТ СЕРЕДИНЫ К КРАЯМ"



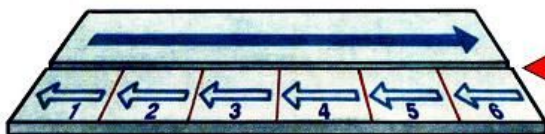
Для средних
(250-1000 мм) швов.
Работают 2 сварщика



- направление выполнения
отдельного участка шва



ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ

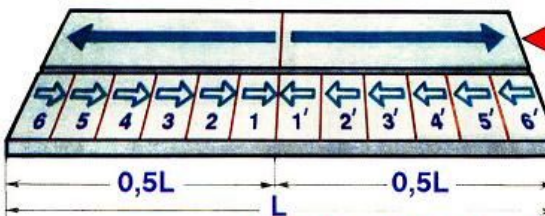


Для длинных
(свыше 1000 мм) швов.

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



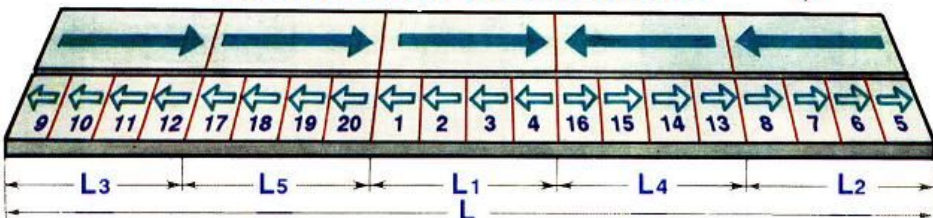
ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ ОТ СЕРЕДИНЫ К КРАЯМ



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

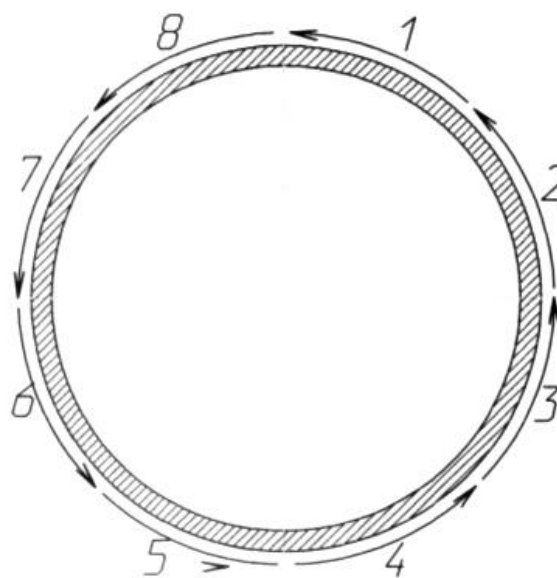


ОБРАТНОСТУПЕНЧАТЫЙ ВРАЗБРОС

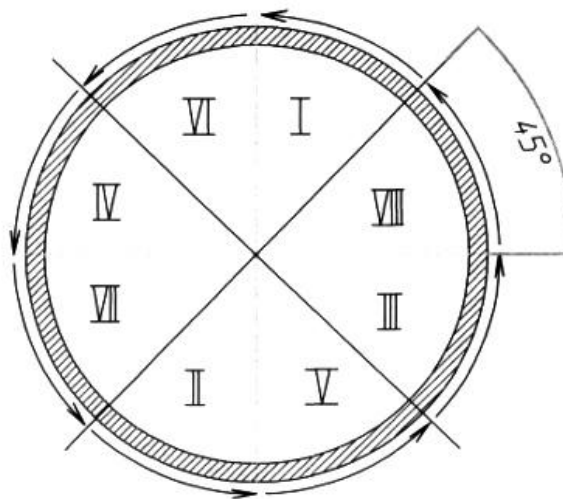


ОБРАТНОСТУПЕНЧАТАЯ СВАРКА
ЭФФЕКТИВНО УМЕНЬШАЕТ НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ

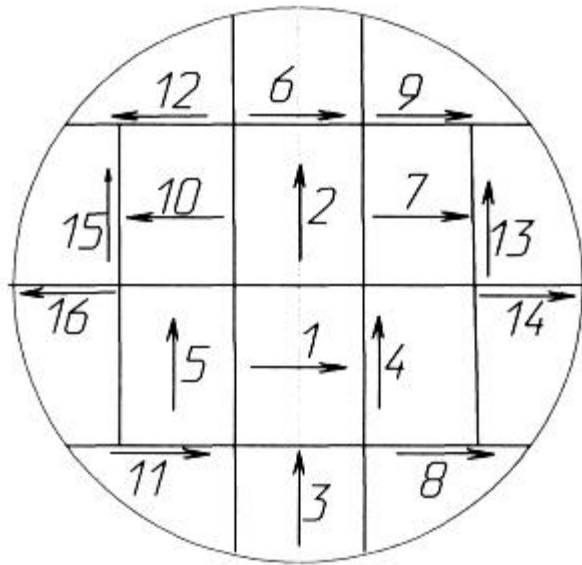
сварка кольцевых стыков свыше 300 мм



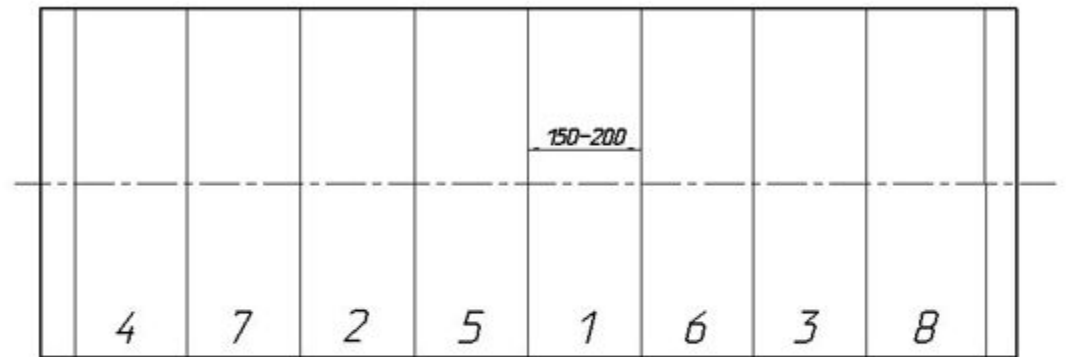
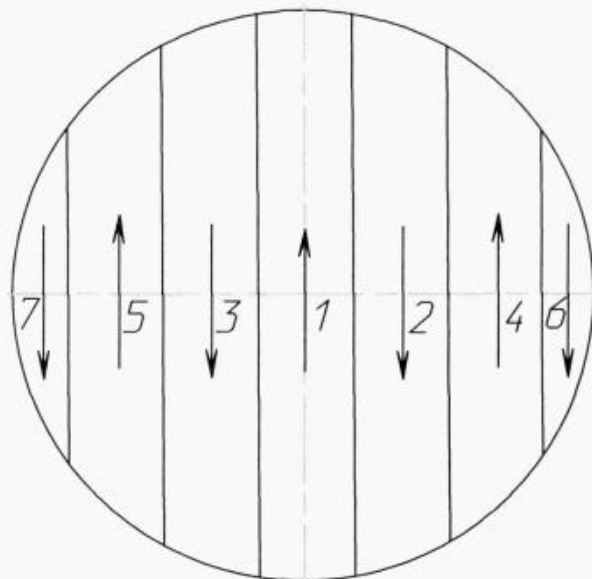
сварка кольцевых стыков свыше 1000 мм



Наплавка квадратов



Наплавка полосами

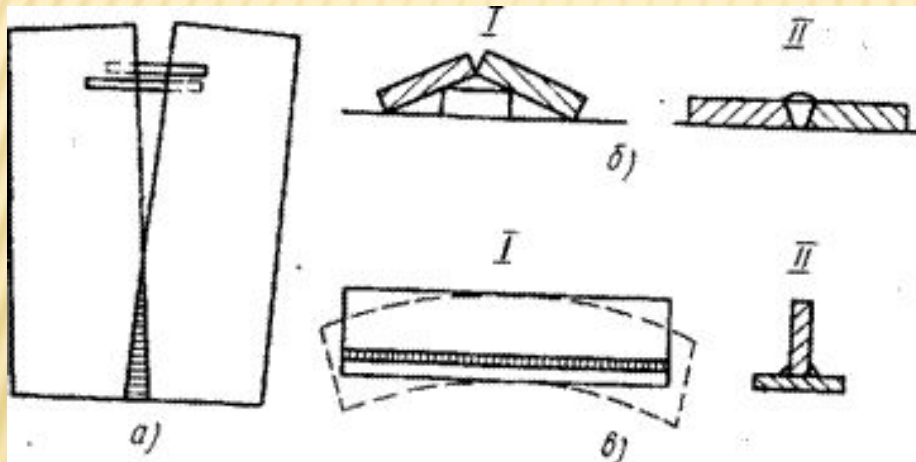


Последовательность наплавки полос на цилиндрическую внутреннюю и наружную поверхности при автоматической наплавке.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

4. Обратные деформации

Перед сваркой конструкции или элемента для уменьшения остаточной деформации искусственно создают деформацию, обратную по знаку по отношению к той, которая может возникнуть при сварке.



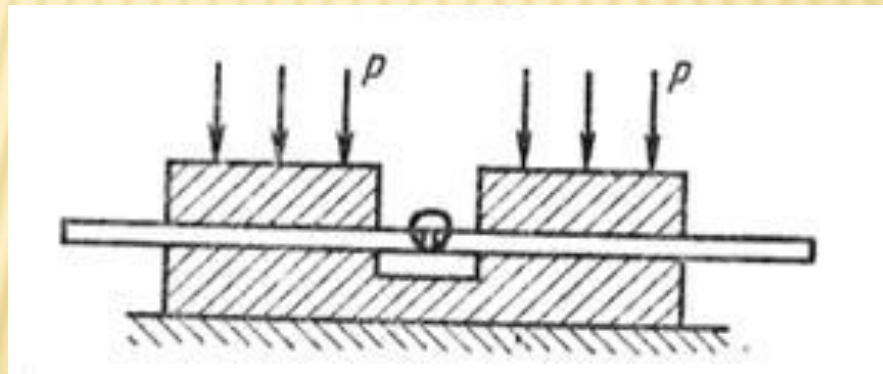
а) клиновидный зазор 10-20 мм на 1 м шва

б), в) предварительный выгиб

МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

5. Жесткое закрепление

Закрепление обеспечивает уменьшение сварочных деформаций по сравнению со сваркой в незакрепленном состоянии, если зона нагрева до температур выше 600°C не превышает $0,15$ общей ширины свариваемого элемента. Если зона нагрева будет более $0,15$ ширины листа, то жесткое закрепление не уменьшает деформаций, а наоборот, может увеличить их по сравнению со сваркой в свободном состоянии



МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

6. Проковка швов и околошовной зоны

Прокровка способствует снижению напряжений и деформаций. При выполнении проковки необходимо соблюдать следующие условия:

- при многослойной сварке проковку выполнять послойно, а первый и последний слой не проковывать;
- проковку следует выполнять на участке шва длиной 150 — 200 мм сразу же после сварки или после подогрева его до 150-200°С;
- при сварке металла толщиной более 16 мм необходимо проковывать и металл околошовной зоны.

7. Общий отжиг сварного изделия

Отжиг применяется для сталей, имеющих склонность к образованию закаленных зон вблизи сварного шва (особенно при большой толщине свариваемого металла), и для конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ И НАПРЯЖЕНИЯМИ

8. Механическая правка конструкции после сварки

Правку выполняют приложением ударной или статической нагрузки при холодном или нагретом состоянии металла.

9. Термическая правка конструкций и изделий после сварки

Правка выполняется наплавкой валиков с обратной стороны шва или местным нагревом, производимым в особом для каждой конструкции порядке. Для получения сварных конструкций заданных проектных размеров необходимо давать припуски на усадку сварных швов. На один поперечный стыковой шов проката или листа толщиной 8–16 мм припуск должен составлять около 1 мм.

