

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Повторите теоретический материал по ранее изученной теме.
2. Ознакомьтесь с порядком проведения практической работы.
3. Выполните приведенные далее практические задания.
4. Оформите письменный отчет по практической работе.
5. Письменный отчет по практической работе в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

Обратите внимание!!! В случае возникновения вопросов по выполнению практической работы обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

Практическая работа

Тема: Устранение деформаций сварки

Цель работы: Приобрести практические навыки при изучении материала "Устранение деформаций сварки"

Ход выполнения работы:

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Начертить схемы изменение механических свойств стали от температуры и нагрузки
3. Начертить рисунки напряжений и деформаций при наплавке валика на кромку полосы
4. Начертить рисунки деформаций и напряжений, вызванных неправильной сваркой
5. Начертить рисунки чередования швов
6. Начертить рисунки предварительного обратного выгиба для предупреждения угловой деформации
7. Начертить рисунки механических исправлений деформаций

8. Начертить рисунки термических исправлений деформаций

Теоретические сведения

Напряжения и деформации при сварке

Нагрев и плавление металла при сварке создают внутренние напряжения в металле и его деформацию, вызываемые следующими причинами:

- неравномерным нагревом и распределением температур по сечению и длине сварного соединения;
- литейной усадкой наплавленного металла;
- структурными изменениями металла при охлаждении.

Эти сварочные напряжения и деформации являются собственными или остаточными напряжениями и деформациями металла, так как не зависят от приложения к нему внешних сил, а появляются в результате внутренних сил, возникших от сварки.

Изменение механических свойств низкоуглеродистой стали в зависимости от нагрева и диаграмма ее зависимости от напряжений показаны на рис. 1. Как видно из рис. 1, а, σ_B сперва растет от нагрева, а с увеличением температуры резко падает, падает также σ_T и модуль упругости E , растет относительное удлинение σ . На рис. 1, б видно, что с увеличением напряжения сталь деформируется незначительно (удлиняется до 0,2 %) до предела упругости $\sigma_{0.2}$. При нагрузке до предела упругости сталь деформируется упруго и со снятием нагрузки восстанавливает прежние размеры и форму. Если же нагрузка будет незначительно увеличена за предел текучести σ_T , сталь будет удлиняться даже без увеличения нагрузки до 2 %, и эта деформация от 0,2 до 2 % будет уже не упругой, а пластической и останется при снятии нагрузки. При дальнейшем увеличении нагрузки пластическая деформация стали будет возрастать вплоть до временного сопротивления σ_B , после чего сталь разрушится. Деформацию стали от 0,2 до 2,0 % называют площадкой текучести.

Из приведенных графиков видно, какое большое значение для работы сварного соединения имеют неравномерная температура нагрева при сварке и возникающие при этом нагрузки. Нагрев стали при сварке резко снижает предел

текучести, увеличивает удлинение, что вызывает необратимые пластические деформации и, как следствие, растягивающие и сжимающие напряжения в сварном соединении. Процесс этот идет непрерывно до окончания сварки соединения. На рис. 2 показаны характер деформаций стального листа при нагревании и охлаждении в процессе сварки и возникающие при этом продольные напряжения параллельно оси шва. При небольшой толщине стали 3—5 мм это сопровождается короблением листа, а при большей толщине коробление из плоскости постепенно уменьшается, но продольная (укорочение) шва и прилегающего металла остается. Наряду с продольными деформациями и напряжениями возникают поперечные, вызывающие поперечное укорочение деталей и угловую деформацию.

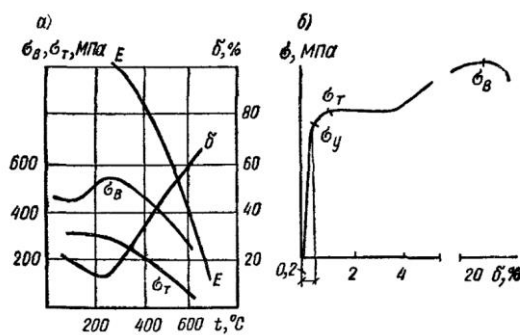


Рис. 1 - Изменение механических свойств стали от температуры (а), от нагрузки (б)

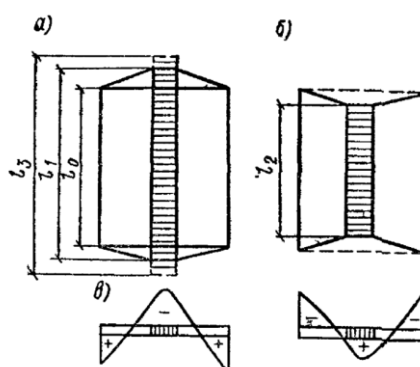


Рис. 2 -Характер деформации стального листа при сварке стыкового шва: а — удлинение l_1 , вызванное нагревом при сварке; б — укорочение l_2 после остывания; в — эпюры напряжений при сварке и после охлаждения; l_0 первоначальный размер листа; l_3 — размер после нагрева.

Возникновению остаточных напряжений и деформаций способствует термическая усадка — уменьшение объема металла шва при его остывании и затвердевании. Усадка измеряется в процентах первоначального объема или

линейных размеров: для низкоуглеродистой стали она составляет 2%; для алюминия 1,8%.

Значительную роль в образовании напряжений в металле играют структурные превращения, происходящие при нагреве и затем при остывании металла шва и околошовной зоны. Эти превращения у низкоуглеродистой стали происходят при температуре выше 600°C , т.е. выше температуры предела упругости. Вследствие этого они не сопровождаются образованием напряжений, так как металл находится в пластическом состоянии и при изменении объема пластически деформируется. Возникновение напряжений при охлаждении наблюдается у легированных закаливаемых сталей, ввиду того что распад аустенита с образованием закалочных структур (мартенсита) у них происходит при более низких температурах ($200\text{—}350^{\circ}\text{C}$), когда металл находится в упругом состоянии. Превращение в мартенсит сопровождается увеличением объема; прилегающий к нему металл будет испытывать растягивающие напряжения, а участки со структурой мартенсита — сжимающие. Если сталь недостаточно пластична, в приграничных между этими участками районах могут образовываться трещины, и для предупреждения их появления потребуются дополнительные технологические меры.

Напряжения и деформации, возникающие от нагрева и остывания стального листа, наглядно можно показать при наплавке с большой скоростью валика на кромку полосы (рис. 3). На рис. 3, б видно, как деформировалась полоса непосредственно после наплавки валика еще до его остывания. Под влиянием тепла дуги и наплавки валика кромка удлинилась вместе с прилегающим металлом и заставила удлиниться и изогнуться остальную часть полосы 2, что вызвало в ней напряжения растяжения, а в полосе 1 напряжения сжатия. Эти напряжения вызовут в полосе 1 пластические деформации — после остывания она станет толще и короче первоначальных размеров. Пластические деформации в полосе 1 неизбежны, так как температура ее нагрева более 600°C , следовательно выше предела текучести. По мере охлаждения полосы 1 и валика полоса будет сокращаться, и ей в этом будет препятствовать полоса 2. В результате в полосе 2 возникнут напряжения сжатия, а в полосе 1 напряжения растяжения. На эпюре

напряжений они заштрихованы. Незаштрихованная часть эпюры характеризует деформацию полосы 1 в пластическом состоянии. Общий вид полосы с наплавленным валиком на кромке показывает остаточные напряжения и деформации, вызванные сваркой. Напряжения в ней уравновешены, сумма напряжений растяжений (-) и сжатий (+) равна нулю.

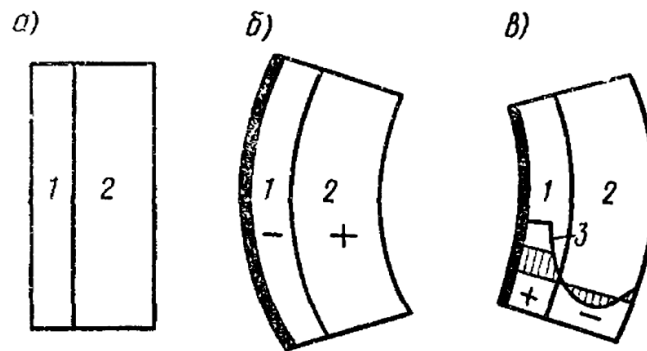


Рис. 3 - Напряжение и деформации при наплавке валика на кромку полосы: а —
полоса;

б - полоса после наплавки валика до остывания; в - полоса после остывания с
эпюрой напряжений;

1 - часть полосы нагретая до температуры более 600; 2 - остальная часть полосы;
3 - характер остаточных пластических деформации.

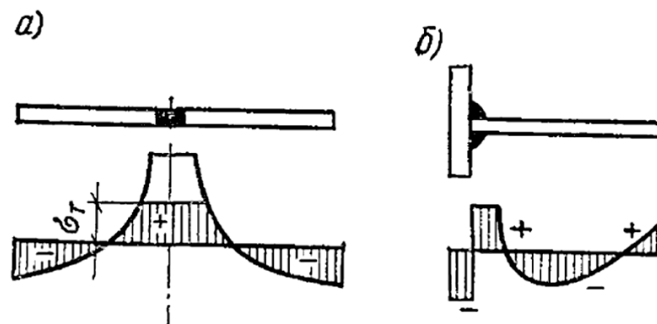


Рис. 4 - Остаточные продольные напряжения при сварке двух полос (а),
при сварке тавра (б)

Приведенный пример образования деформаций и напряжений при наплавке валика на кромку полосы характерен и для других конструкций. Если соединить две полосы стыковым швом (рис. 4, а), то в каждой полосе характер напряжений от сварки будет с некоторым допущением такой же, как при наплавке на ее кромку

валика (рис. 3, в). Общая эпюра напряжений, приведенная на рис. 4, а, показывает, что в шве и прилегающем металле будут напряжения растяжения, равные пределу текучести, и пластические деформации растяжений, а в основном металле полос, не подвергавшемся нагреву выше 600 °С (температуры предела текучести) — только напряжения сжатия. Распределение напряжений зависит от ширины полос.

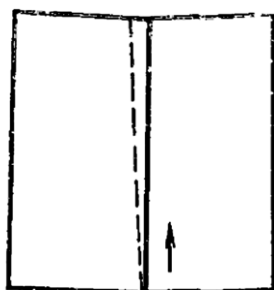


Рис. 5 - Деформация стыка: из-за неправильной сварки на проход

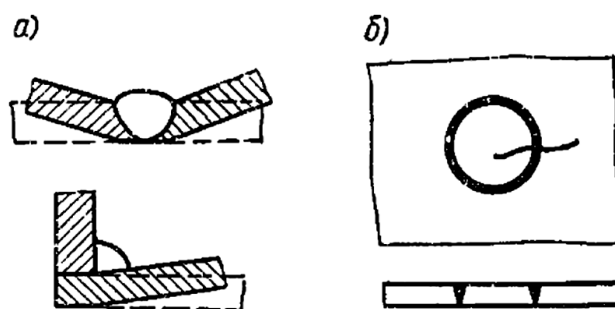


Рис. 6 - Деформации и напряжения, вызванные неправильной сваркой:

а - угловые деформации;

б — трещина в замкнутом контуре сварки

Деформации и напряжения при сварке тавра (рис. 4,б) по своему характеру похожи на деформации и напряжения при наплавке валика на кромку полосы. Однако, так же, как у стыковых соединений, они зависят от толщины и размеров соединяемых элементов, от последовательности и режимов сварки, качества металла и других причин. На эпюре показаны продольные напряжения в тавровом соединении, вызвавшие его изгиб. Неправильная последовательность сварки также может вызвать непоправимые деформации (рис. 5). В результате сварки на проход свариваемые кромки сомкнулись и даже перекрыли одна другую. Большие угловые деформации могут быть вызваны поперечной усадкой стыкового или углового шва

(рис. 6, а). Жесткое закрепление свариваемых деталей и образование замкнутого контура является причиной трещин в шве и зоне термического влияния (рис. 6,б), При сварке листовых конструкций, например резервуаров с плоскими днищами, большим дефектом являются «хлопуны» — местные вогнутое и или выпуклости, достигающие иногда значительных размеров. Они появляются вследствие неправильной последовательности сварки швов, слишком большого тепловложения (чрезмерной погонной энергии) и могут быть причиной разрушения конструкции.

Меры борьбы с деформациями и напряжениями

Для борьбы с остаточными деформациями и напряжениями следует соблюдать следующие правила.

При сборке конструкций применять по возможности сборочные приспособления (стяжные планки, клинья и т.п.), обеспечивающие свободное перемещение свариваемых конструкций от усадки швов. Прихватки можно применять только для стыков деталей из тонкого металла (3—5 мм) и в нахлесточных соединениях. Следует строго соблюдать размеры притуплений, зазоров и соосность элементов.

Выполнять необходимую последовательность сварки швов; чередование слоев двухстороннего шва (рис. 7,а): чередование сварки поясных швов балок (рис. 7,б); строго выполнять последовательность и порядок сварки швов, указанные в типовой технологии или проекте производства сварочных работ.

Не допускать превышения величины тепловложения в шов (увеличения силы сварочного тока по сравнению с рекомендуемой для электродов применяемого типа и диаметра).

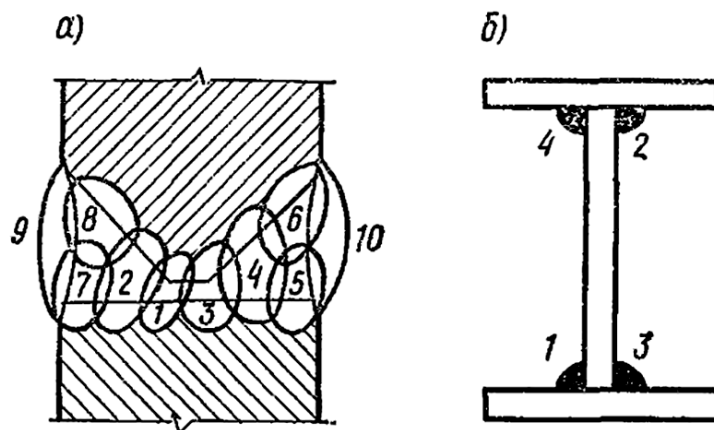


Рис. 7 - Чередование швов: а — при сварке двустороннего шва; б - при сварке поясных швов балки; 1-10- последовательность швов.

Использовать жесткое закрепление деталей перед сваркой для уменьшения их деформаций (если это предусмотрено технологической запиской или инструкцией) с помощью прихваток или приспособлений; использовать вибрацию конструкций в процессе сварки для уменьшения деформаций и напряжений.

При сварке пластических сталей и металлов использовать проковку слоев шва непосредственно за сваркой (если это предусмотрено технологической запиской).

Использовать предварительный обратный выгиб листовых деталей (стенок и полок балок, листов корпуса резервуаров и др.) для предупреждения угловой деформации (рис. 8).

При сварке листовых резервуарных конструкций (днищ и корпусов) сперва сваривать стыки между листами, а потом стыки между полосами или поясами, при обратном порядке не исключены появление трещин в местах пересечений швов, а также увеличение коробления конструкций.

В необходимых случаях применять предварительный и сопутствующий подогревы.

Применять в необходимых случаях общую или местную термическую обработку сварных соединений.

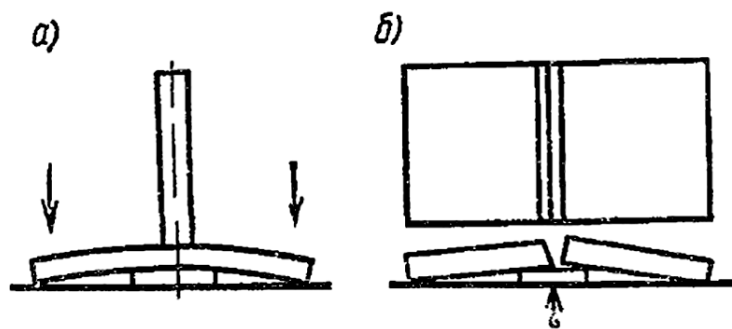


Рис. 8 - Предварительный обратный выгиб для предупреждения угловой деформации:

а — полки балок, б — листов резервуара.

Правка деформированных после сварки конструкций широко применяется на заводах и мастерских при недопустимом искажении формы и размеров конструкций. Различают три метода правки: механическую, термическую и термомеханическую. Механическая правка основана на образовании пластических удлинений в зоне сварных соединений, вследствие чего устраняются деформации.

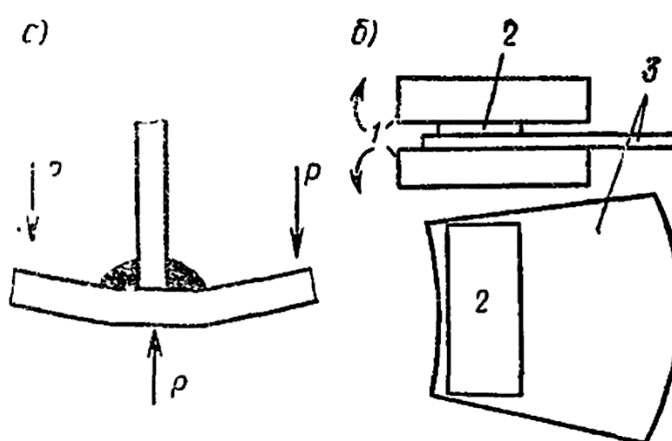


Рис. 9 - Механическое исправление деформации: а — грибовидности балки;

б — серповидности листа;

1 — валки вальцов; 2 — подкладной лист; 3 — исправляемый лист; P — усилие

Примерами механической правки могут быть: устранение «грибовидности» сварных балок, образовавшейся после сварки поясных швов (рис. 9, а), путем изгиба полки специальным приспособлением; устранение серповидного изгиба листа после термической резки одной его кромки, что вызвало деформацию, путем прокатки листа на вальцах с подкладкой полосы на поверхность листа для

пластической деформации укороченной после резки зоны (рис. 9,б). Может быть много примеров механической правки с использованием проковки, осадки под прессом, изгиба и т. п. с целью вызвать деформации, противоположные сварочным.

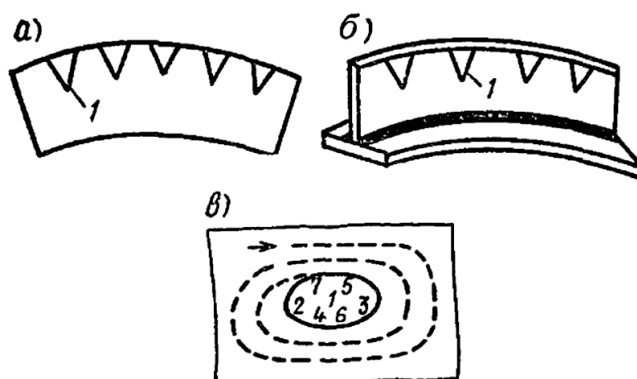


Рис. 10 - Термическое исправление деформации: а — серповидность листа; б — изгиба сварного тавра; в — хлопуна

Термическую правку производят путем местного нагрева тех зон, усадка которых устраняет остаточные сварочные деформации. Таким образом может быть устранена серповидность листа (рис. 10, а) или остаточная деформация изгиба сварного тавра (рис. 10,б).

Иногда применяют комбинированный термомеханический метод для ликвидации выпучины («хлопуна») в тонколистовой стали (рис. 10, в). Для этого нагревают до температуры 700—800 °С по окружности эту выпучину, а затем простукивают ее равномерно деревянным молотком, подложив с другой стороны плиту или какую-нибудь другую поддержку, что облегчит пластическую деформацию металла и устранение выпучины.