

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

Абдуллаев М., Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине «Производство сварных конструкций».
Часть II

ТАШКЕНТ 2008

УДК 621.791.1

Конспект лекций по дисциплине «Производство сварных конструкций». Часть II/ Абдуллаев М., Дуняшин Н.С., Эрматов З.Д. Ташкент: ТашГТУ, 2008. 152с.

Курс «Производство сварных конструкций» по учебному плану читается в 5,6 семестрах бакалавриата.

В этом конспекте изложены основные вопросы технологии производства основных типов сварных конструкций в объеме, необходимом для изучения студентами высшего специального заведения по направлению бакалавриата 5522700 «Машины и технология сварочного производства»

Печатается по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета

Рецензенты: зав. каф. «Машины и технология сварочного производства», проф., д.т.н. Абралов М.А. (ТашГТУ);

нач. тех. бюро отдела главного сварщика Орлова В.А. (ГАО ТАПОиЧ)

© Ташкентский государственный технический университет,
2008

Лекция № 16

Технология изготовления негабаритных емкостей и сооружений

План:

16.1. Общие сведения о негабаритных емкостях и сооружениях

16.2. Изготовление боковых стенок и днищ емкостей и сооружений методом рулонирования

16.3. Изготовление боковых стенок емкостей и сооружений методом наворачивания

16.4. Изготовление емкостей и сооружений полистовым методом

16.1. Общие сведения о негабаритных емкостях и сооружениях

Конструкции оболочкового типа собирают из листовых заготовок и сваривают герметичными швами. В зависимости от габаритных размеров, конструктивного оформления и характерных особенностей изготовления и эксплуатации оболочковые конструкции можно разделить на негабаритные емкости и сооружения, сосуды, работающие под давлением, трубы и трубопроводы.

Емкости и сооружения нередко имеют размеры, намного превышающие габарит подвижного железнодорожного состава. Такие изделия приходится изготавливать на заводе по частям и отправлять на место монтажа отдельными секциями. Характерные примеры негабаритных емкостей представлены на рис. 16.1.

Вертикальные цилиндрические резервуары (рис. 16.1, а) чаще всего используют для хранения нефтепродуктов. Высота резервуара не превышает 12...18 м. В СНГ сооружают такие резервуары вместимостью до 50000 м³, за рубежом — до 200000 м³.

Мокрый газгольдер (рис. 16.1, б) для хранения взрывоопасных или ядовитых газов состоит из резервуара 1 и колокола 3 с телескопом 2 или без него. Перемещение колокола и телескопа происходит в направляющих 4, по которым перекачиваются ролики 5. Уплотнение в сочленениях достигается водяными затворами.

Сухой газгольдер имеет неподвижный корпус 3 (рис. 16.1, в) с днищем 1 и крышей 4, а также подвижный поршень 2. Объем мокрых газгольдеров достигает 50000 м³, а сухих еще больше.

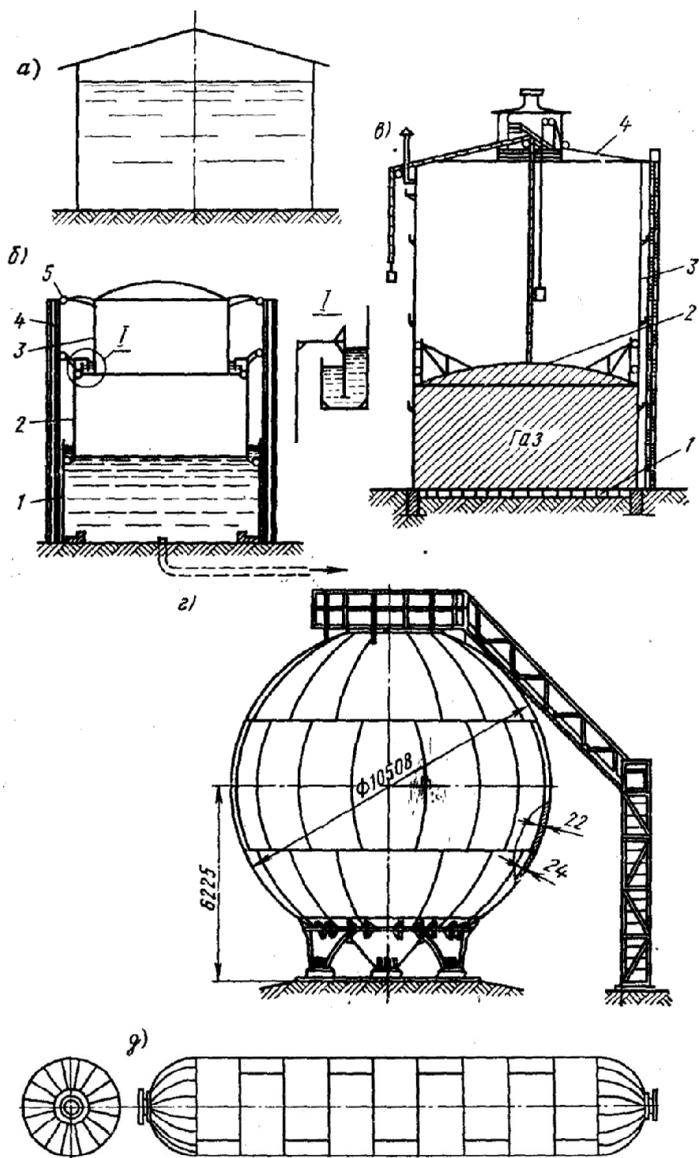


Рис. 16.1. Негабаритные емкости:

а — вертикальный цилиндрический резервуар; б — мокрый газгольдер; в — сухой газгольдер; г — сферический резервуар; д — газгольдер постоянного объема

Сферические газгольдеры (рис. 16.1, г) предназначены для хранения газов под давлением до 1,8 МПа. Их собирают из листовых заготовок пространственной кривизны и сваривают стыковыми соединениями. Типовыми являются газгольдеры вместимостью 600 и 2000 м³. Термообработка всей конструкции после сварки не производится, поэтому толщина стенок не должна превышать 36 мм.

Для хранения газа под давлением иногда используют цилиндрические газгольдеры постоянного объема диаметром 3,25 м и более со сферическими днищами (рис. 16.1, д). Длина газгольдера может быть значительной; толщина стенок, как и у сферических резервуаров, не более 40 мм.

16.2. Изготовление боковых стенок и днищ емкостей и сооружений методом рулонирования

При изготовлении емкостей и сооружений большого размера из листового проката целесообразно основной объем работ выполнять на заводе-изготовителе.

Для этого каждую конструкцию расчлняют так, чтобы отправочные элементы имели возможно большие размеры, но в пределах габарита железнодорожного подвижного состава.

С целью увеличения размеров отправочных элементов толщиной до 16...18 мм был разработан метод рулонирования, получивший весьма широкое распространение. Узлы конструкции в виде полотнищ большого размера собирают, сваривают и сворачивают в рулон на специальных установках. Схема такой установки показана на рис. 16.2.

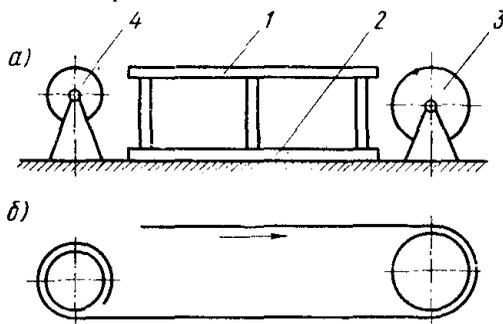


Рис. 16.2. Схема двухъярусного станка:
а—схема станка; б—схема движения полотнища

Необходимость сварки с двух сторон предопределяет наличие двух ярусов 1 и 2, а также поворотного кружала 3 для передачи полотнищ с одного яруса на другой с поворотом на 180°. Перемещение полотнища и его сворачивание обеспечиваются рабочим кружалом 4. На ярусах 1 и 2 располагают четыре рабочих участка: сборки, сварки с одной стороны, сварки с другой стороны, контроля и исправления дефектов. Сворачивание рулона производят после завершения работ на каждом из участков. При этом полотнище наворачивают на вспомогательный элемент, закрепляемый в рабочем кружале. Размеры полотнища определяют из условия рационального членения конструкции. Например, боковые стенки вертикальных цилиндрических резервуаров выполняют из одного, двух и более полотнищ в зависимости от размеров емкости, с тем, чтобы масса рулона не превышала 40...65 т. Ширина полотнища соответствует высоте боковой стенки резервуара, т. е. составляет 12...18 м; такая же ширина двухъярусной установки для сборки, сварки и сворачивания полотнищ. Днища резервуаров и газгольдеров, диаметр которых превышает 12 м, приходится выполнять из нескольких полотнищ. Если масса каждого из этих полотнищ невелика, то они сворачиваются в один рулон. Боковые стенки листовых конструкций башенного типа также выполняют из нескольких полотнищ, каждое из которых имеет длину, равную периметру боковой стенки. Ширина рулона в этом случае соответствует высоте монтажного блока и выбирается по грузоподъемности кранового оборудования на монтаже.

Расположение листов в полотнище, их толщина и типы соединений определяются как конструктивными, так и технологическими соображениями. Листы толщиной 7...8 мм и более собирают и сваривают стыковыми соединениями, а более тонкие — нахлесточными. Это объясняется тем, что нахлесточные соединения тонких листов проще собирать и сваривать, причем сворачивание такой нахлестки затруднений не вызывает. При толщине листов более 7...8 мм нахлестка приобретает заметную жесткость и неудобна для сворачивания. Напротив, стыковое соединение листов такой толщины оказывается приемлемым как с позиции сборки и сварки под флюсом, так и с позиции последующего сворачивания в рулон. Из этих же соображений все соединения полотнищ днища

нахлесточные, а листов полотнищ конструкций башенного типа — стыковые.

Последовательность сборки, сварки и сворачивания полотнища рассмотрим на примере изготовления рулона боковой стенки резервуара вместимостью 5000 м³. Два варианта расположения листов в таком полотнище показаны на рис. 16.3, а, б, где римскими цифрами обозначены номера поясов. Подготовка листов начинается с правки на многовалковых правильных вальцах. Для сварки стыковых соединений продольные кромки листов подвергаются обработке на кромкострогальном станке пакетом. Торцовые кромки как для стыковых, так и для нахлесточных соединений обрезают гильотинными ножницами.

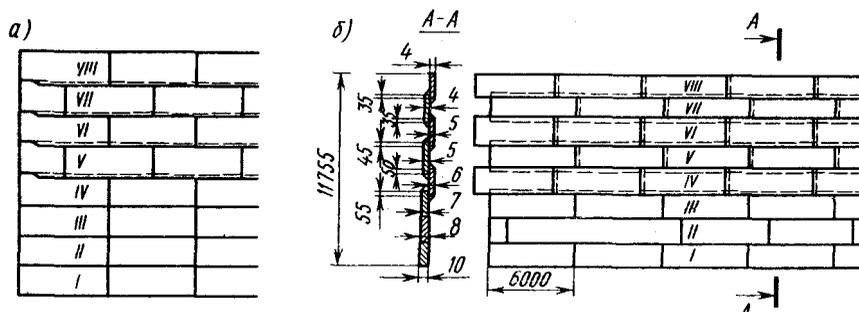


Рис. 16.3. Схемы расположения листов корпуса резервуара вместимостью 5000 м³:

а — с совмещенными стыками нижних поясов; б — с раздвинутыми стыками нижних поясов

На сборочном участке двухъярусной установки одновременно собирают две картины (рис. 16.4). Листы раскладывают в определенной последовательности. Пояс I кромкой прижимается к упорным роликам стенда; пояс II вплотную к нему; затем III и т. д. Плотная сборка закрепляется прихватками. Листы, собираемые нахлесточными соединениями, имеют риски, совмещаемые с рисками продольных осей поясов на настиле стенда. Сборка второго и последующего полотнищ производится непрерывной лентой, для чего между последней картиной предыдущего полотнища и первой картиной последующего устанавливаются соединительные планки *а*.

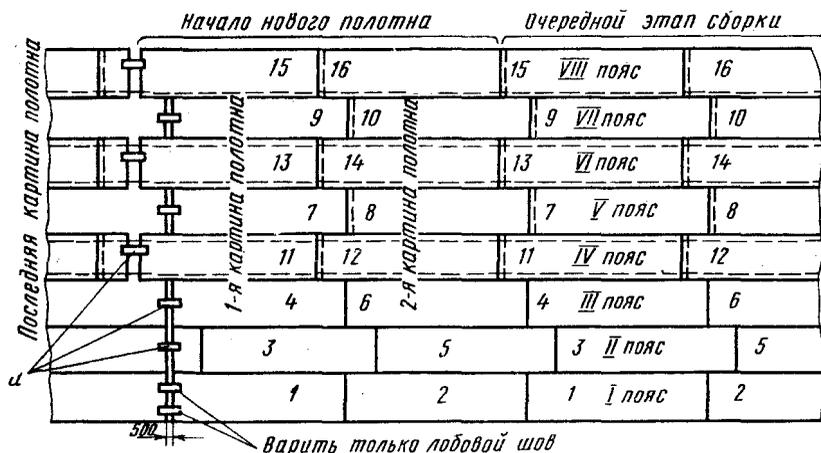


Рис. 16.4. Схема сборки первой и второй картин полотнища:

1, 2, 3, ... — последовательность сборки листов

Сварка под флюсом осуществляется сварочными тракторами. Целесообразно использование расщепленного электрода, позволяющего производить сборку стыковых соединений с местным зазором до 2...3 мм. Поперечные швы начинаются и заканчиваются на основном металле примыкающих листов. У крайних поясов конец этих швов делают на выводных планках.

Наворачивание полотнища производят на каркас, используемый в дальнейшем в качестве конструктивного элемента, например, на шахтную лестницу, опорную стойку, монтажную мачту. Изготовление специальных каркасов, не используемых на монтаже, нежелательно, так как их необходимо возвращать на завод-изготовитель.

Применение метода рулонирования при изготовлении полотнищ большого размера потребовало усовершенствования двухъярусных стендов в направлении более полной механизации сборки и сварки и соответствующего более технологичного расположения сварных соединений полотнища. Все соединения таких полотнищ — стыковые, их расположение и последовательность сварки показаны на рис. 16.5.

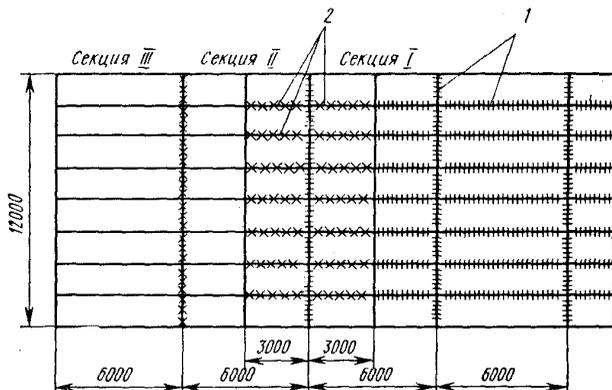


Рис. 16.5. Последовательность сварки швов:
 1 - ранее сваренные соединения; 2— свариваемые соединения

В каждом цикле свариваются поперечное (вертикальное) и все продольные соединения одной секции. При этом поперечный шов закрепляет в нужном положении листы секции III, собранной без прихваток. Продольные соединения сваривают от середины секции II до середины секции I. Кромки листов подвергают механической обработке с допуском на длину и ширину до 1,5 мм.

Листы в контейнерах 1 подают на верхний ярус стэнда, схема работы которого показана на рис. 16.6.

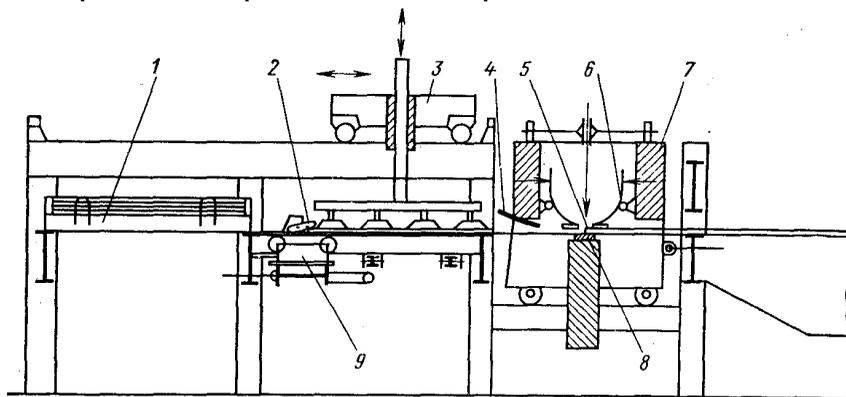


Рис. 16.6. Схема расположения механизмов, обеспечивающих сборку секции и сварку поперечного шва

На место сборки их необходимо подавать сразу для всех поясов за один ход транспортирующей самоходной кран-балки 3, несущей траверсы с магнитными или вакуумными захватами. Для этого контейнеры 1 с листами разных поясов располагают возможно ближе друг к другу, с тем, чтобы сократить последующее поперечное перемещение листов при сборке.

Шаговое перемещение ранее собранной части полотнища механизм сворачивания задает достаточно грубо. Для того чтобы кромка полотнища 5 оказалась над медной подкладкой 8, всю систему верхних ферм 7 с клавишными зажимами 6 и нижней фермой, несущей медную подкладку 8, приходится перемещать до совмещения оси подкладки с положением кромки полотнища.

Подаваемые на место сборки листы с помощью толкателя 9 надо сдвинуть в продольном направлении до упора в кромку ранее собранного полотнища 5, прижатую клавишными прижимами 6 к медной подкладке 8. Продольная подача листов должна предшествовать поперечной для предотвращения образования нахлестки. Когда короткие кромки листов окажутся под улавливателями 2 и 4, можно совершать подачу и в поперечном направлении.

Последовательность перемещений листов показана на рис. 16.7. Боковые толкатели 4 и 7 сдвигают листы в поперечном направлении до упора друг в друга (рис. 16.7, б). Один из толкателей имеет ограниченный ход до упора, что необходимо для фиксации положения нижней кромки листов; второй переставляется по количеству собираемых листов, т. е. в зависимости от ширины полотнища. При дальнейшем продольном продвижении листов (рис. 16.7, в) подвижная балка заднего толкателя 2 обеспечивает перемещение секции к ранее сваренному участку полотнища. После зажатия второй кромки поперечного стыка его сваривают под флюсом, используя двухдуговой аппарат, позволяющий сваривать полотнища из листов переменной толщины. Первая дуга образуется одним электродом, совершающим колебания поперек стыка; вторая дуга — двумя расщепленными электродами. Сварку ведут в направлении от толстых листов к тонким, изменяя режим отключением одной из дуг при непрерывном движении аппарата по всей длине стыка. За время сборки и сварки поперечного стыка одновременно сваривают все продольные швы. Для этого подвижную балку, несущую направляющие двух сварочных

головок и зажимные устройства, последовательно устанавливают над каждой парой продольных швов, прижимают кромки к медной подкладке и осуществляют сварку. На нижнем ярусе сварка стыков с обратной стороны выполняется в той же последовательности, но без прижимных устройств.

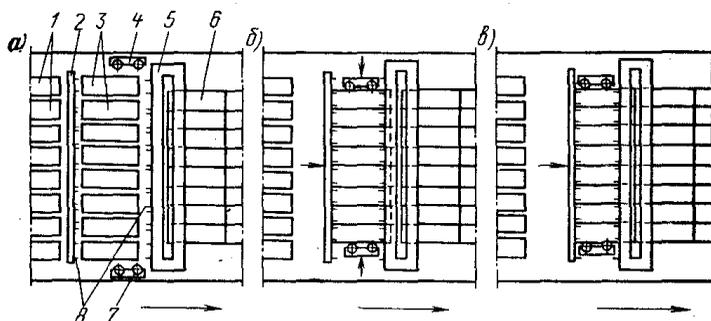


Рис. 16.7. Схема механизированной сборки крупногабаритных полотнищ без прихваток:

а — листы секции перед сборкой; б — сборка секции; в — сборка секции с полотнищем;

1 — контейнеры с листами; 2 — продольный толкатель; 3 — листы; 4, 7 — поперечные толкатели; 5 — верхняя часть продольной тележки; 6 — полотнище; 8 — ограничители вертикального перемещения листов (стрелками показано направление перемещения полотнища)

Монтаж вертикальных цилиндрических резервуаров из рулонированных элементов выполняют следующим образом. Рулон элементов днища укладывают на подготовленное основание резервуара и раскатывают в последовательности, определяемой расположением элементов в рулоне. Выполняют односторонние нахлесточные соединения полотнищ между собой сварочным трактором под слоем флюса. Затем у края днища на подкладной лист (для лучшего скольжения рулона по днищу при разворачивании) ставят рулон боковой стенки резервуара. Рулон разворачивают лебедкой или трактором с помощью троса (рис. 16.8).

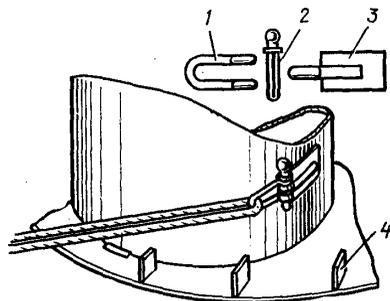


Рис. 16.8. Крепление троса на рулоне при его разворачивании

По мере разворота нижняя кромка рулона прижимается к упорам 4 и прихватывается; крепление троса (детали 1, 2, 3) переставляется. Верхнюю кромку развернутой части боковой стенки закрепляют установкой элементов щитовой кровли или расчалками (в резервуарах с плавающей крышей) с последующим монтажом кольцевой площадки. После этого заваривают монтажный стык боковой стенки. Так как кольцевой шов, соединяющий боковую стенку с дном, выполняется при полностью заваренном дне, то возможно вспучивание дна вследствие потери устойчивости. При изготовлении резервуаров большой вместимости (10000 м^3 в более) для предотвращения таких деформаций в виде рулона можно изготавливать только центральную часть дна 1, 2, 3, а периферийные участки 4 сваривать между собой при монтаже из отдельных листов, присоединяя их к дну на прихватках (рис. 16.9).

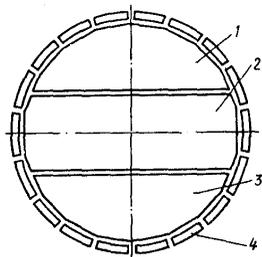


Рис. 16.9. Схема раскроя дна резервуара вместимостью 10000 м^3

После завершения установки, разворачивания и приварки боковой стенки к периферийным участкам эти прихватки удаляют, хлопуну выправляют путем сдвига листов в нахлестке и только тогда швы между центральной частью днища и периферийными участками заваривают окончательно.

В технологии изготовления цилиндрических резервуаров и мокрых газгольдеров много общего. Небольшое различие в монтаже заключается в том, что на смонтированное днище устанавливают в вертикальном положении сразу рулоны всех боковых стенок (корпуса резервуара, телескопа, колокола) и разворачивают их одновременно.

Рассмотренные приемы монтажа боковой стенки при разворачивании рулона в вертикальном положении успешно применяют для резервуаров вместимостью до 30000 м³. В более крупных резервуарах большая высота рулона (18 м), применение высокопрочных сталей и повышенная толщина поясов затрудняют управление разворачиванием, раскрепление и стыковку кромок, в особенности под воздействием ветровых нагрузок. Поэтому при сооружении крупных резервуаров нередко разворачивание рулонов производят в горизонтальном положении с помощью шаблона (рис. 16.10), представляющего собой пространственную конструкцию из нескольких плоских ферм, соединенных прогонами и связями.

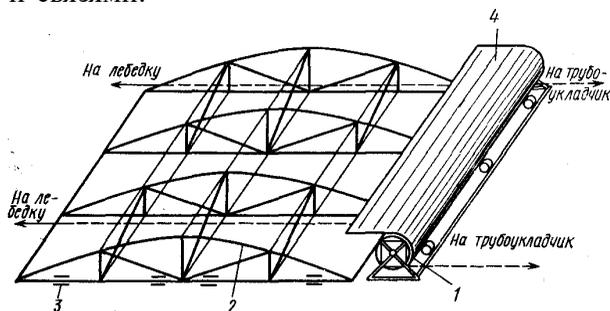


Рис. 16.10. Схема разворачивания рулона с помощью шаблона

Кривизна верхних поясов ферм 2 соответствует внутреннему радиусу резервуара. Шарнирные опоры 3 нижней прямолинейной части крайней фермы закрепляют к днищу резервуара таким образом, чтобы после поворота шаблона в вертикальное положение криволинейные пояса ферм 2 совпали с

проектным положением вертикальной стенки резервуара. Подлежащий разворачиванию рулон 4 закрепляют в горизонтальном положении в центрах рамы 1, установленной рядом с шаблоном. С помощью лебедок и трубоукладчиков полотнище рулона разворачивают и закрепляют к верхним поясам ферм шаблона, затем к внешней поверхности развернутой стенки подгоняют и приваривают секции колец жесткости и другие детали. После этого самоходным краном стенку вместе с шаблоном поворотом относительно опор 3 поднимают в проектное положение, раскрепляют и приваривают к днищу (рис. 16.11).

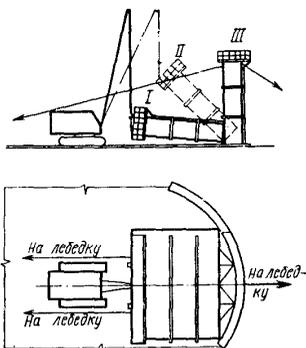


Рис. 16.11. Подъем секции боковой стенки.

Затем шаблон отсоединяют от стенки и днища, переносят на другой участок, и цикл повторяется сначала. При монтаже последнего участка стенки шаблон располагают так, чтобы после его подъема оставался проход и для выхода из резервуара монтажных механизмов (рис. 16.12) с последующим подтягиванием шаблона в проектное положение.

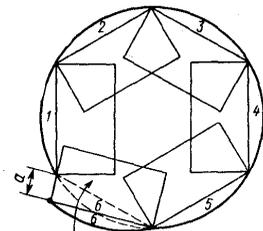


Рис. 16.12. Последовательность расположения шаблонов при монтаже вертикальной стенки

16.3. Изготовление боковых стенок емкостей и сооружений методом наворачивания

Для конструкций диаметром до 6 м, а также при сборке в одном месте небольшого количества цилиндрических оболочек большого размера целесообразно использовать метод наворачивания. Рулон разворачивают на плоском стенде, а в качестве шаблона-кондуктора используют барабан, состоящий из двух половин, шарнирно соединенных по образующей. Диаметр барабана соответствует диаметру монтажного блока и может изменяться с помощью винтовых стяжек. Барабан устанавливают и прихватывают так, чтобы кромка полотнища расположилась посередине разреза. Наворачивание осуществляют перекачиванием барабана; кромки замыкающего стыка подтягивают с помощью винтовых стяжек. Стык сваривают автоматом под флюсом сначала изнутри, а после поворота барабана на половину окружности — снаружи. Сваренную обечайку ставят в вертикальное положение и извлекают из нее барабан, предварительно уменьшив его диаметр. После досборки монтажный блок устанавливают в проектное положение. Кольцевой шов сваривают с двух сторон: с наружной стороны обечайки электродами вручную, а внутри обечайки полуавтоматами в среде CO_2 . При наличии в конструкции внутренних жестких колец метод наворачивания оказывается особенно эффективным, так как позволяет совместить операции формообразования обечайки и ее сборки с элементами жесткости.

При изготовлении в одном месте большого числа монтажных блоков диаметром 6...12 м и более целесообразно обечайку проектного размера получать непосредственно разворачиванием рулона на специальном стенде.

При сооружении цилиндрических резервуаров вместимостью свыше 50 000 м³ использовать метод рулонирования для изготовления боковой стенки пока не удается из-за значительной (свыше 18 мм) толщины нижних поясов.

16.4. Изготовление емкостей и сооружений полистовым методом

Цилиндрические резервуары вместимостью вплоть до 200000 м³ сооружают полистовым методом. Листы толщиной до 40 мм очищают от окалины, обрезают кромки автоматической термической резкой, вальцуют, окрашивают и маркируют. Листы толщиной до 14 мм имеют V-образную разделку кромок; при

большей толщине — X-образную. Большинство швов днища выполняют сваркой под флюсом, горизонтальных швов боковой стенки также под флюсом с флюсоудерживающим устройством или в среде CO_2 , вертикальные швы боковой стенки сваривают дуговой сваркой под флюсом или порошковой проволокой в CO_2 с принудительным формированием шва.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью и для каких конструкций применяют метод рулонирования сварных элементов из листового проката?
2. Для чего производят расчленение негабаритных сварных конструкций на элементы, изготавливаемые в условиях завода?
3. Как выполняют монтаж цилиндрических негабаритных емкостей и сооружений из рулонированных элементов?

Лекция № 17

Технология изготовления негабаритных емкостей и сооружений

План:

- 17.1. Изготовление крыш емкостей и сооружений
- 17.2. Изготовление сферических резервуаров и газгольдеров
- 17.3. Изготовление негабаритных сооружений оболочкового типа

17.1. Изготовление крыш емкостей и сооружений

Вертикальные цилиндрические резервуары могут иметь стационарную или плавающую крышу. Стационарные крыши обычно сооружают у резервуаров вместимостью до 20000 м^3 . Плавающие крыши могут быть у резервуаров любых размеров при условии отсутствия в районах их сооружения значительных снеговых осадков.

Стационарную кровлю монтируют из отдельных щитов. Для резервуаров вместимостью до 5000 м^3 это плоские щиты, опирающиеся на вертикальную стенку и центральную стойку (рис. 17.1, а).

У резервуаров вместимостью более 5000 м^3 щиты обычно имеют двоякую кривизну, образуя сферический купол покрытия (рис. 17.1, б). В этом случае центральная стойка устанавливается временно только для монтажа кровли, а для восприятия усилия распора у верхней кромки боковой стенки предусматривают

кольцо жесткости таврового сечения. В наиболее крупных резервуарах иногда для увеличения устойчивости и жесткости куполов усиливают щитовые элементы решетчатыми полуарками (рис. 17.1, в).

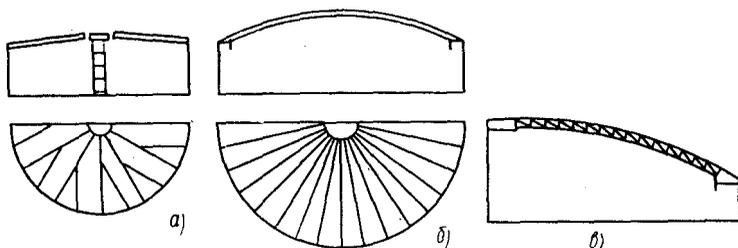


Рис. 17.1. Варианты выполнения стационарной кровли

Типовой щит кровли резервуара вместимостью менее 5000 м³ показан на рис. 17.2, а.

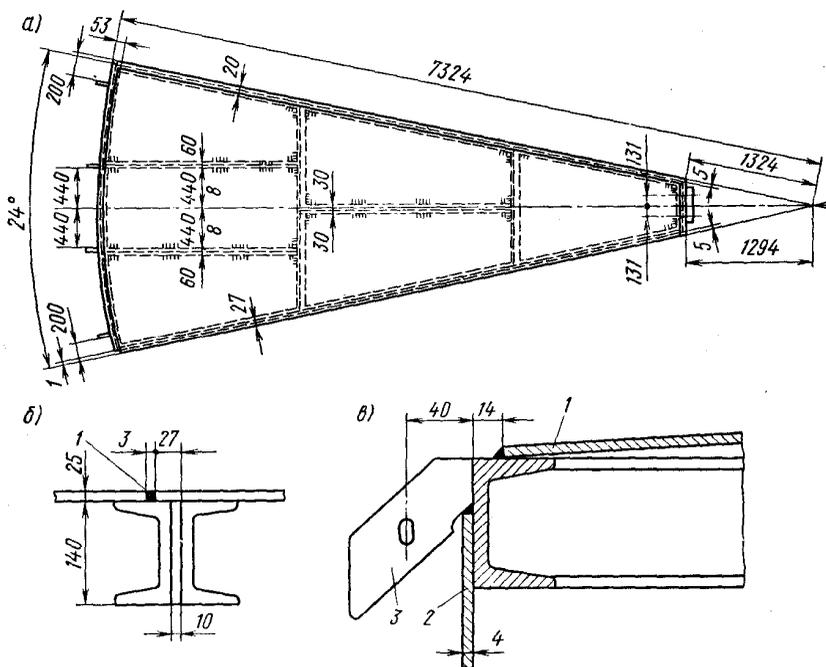


Рис. 17.2. Типовой щит кровли (а) и монтажные соединения щитов (б, в)

Свес настила со стороны одной из радиальных балок каркаса щита облегчает сборку кровли и позволяет выполнять монтажный шов 1 (рис. 17.2, б) на элементе каркаса соседнего щита как на подкладке. При установке щитов в проектное положение используют монтажные скобы и улавливатели (рис. 17.2, в). Щиты 1 укладывают одним концом на опорную стойку, а другим с помощью улавливателя 3 — на боковую стенку резервуара 2 по мере разворачивания рулона без лесов и люлек.

Плавающие крыши вертикальных цилиндрических резервуаров имеют листовое полотнище 2 (рис. 17.3, а), иногда усиливаемое ребрами жесткости 3 (рис. 17.3, б), по периметру которого расположены герметичные короба 1.

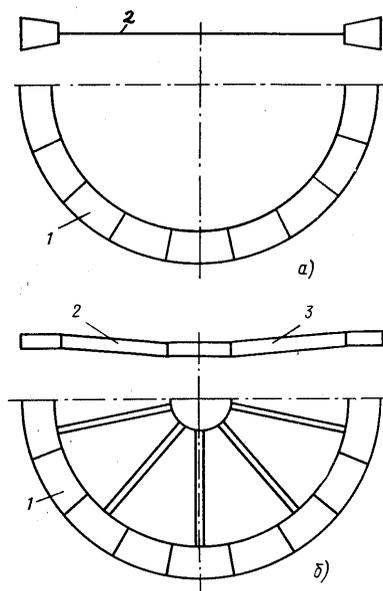


Рис. 17.3. Варианты плавающих крыш

К сборке и сварке плавающей крыши приступают после завершения сборки и сварки днища и стенки резервуара. Рулонированные полотнища центральной части крыши разворачивают на днище и сваривают нахлесточные соединения между ними. Затем вваривают патрубки 2 опорных стоек 3 (рис. 17.4), размещают по периметру короба 1, сваривают их между

собой в кольцо, и подтягивая края центральной части днища к козырькам 4, выполняют герметичное соединение днища с коробами. Далее поднимают собранную крышу на высоту около 2 м путем заполнения резервуара водой при откинутых поворотных кронштейнах 5. После слива воды в потолочном положении сваривают швы центральной части днища, устанавливают и приваривают стойки 3, а также ребра жесткости и другие детали. В завершение монтируют уплотняющий затвор и водоспускное устройство.

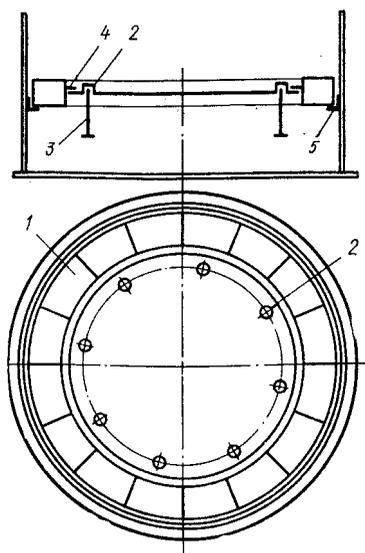


Рис. 17.4. Расположение элементов плавающей крыши

17.2. Изготовление сферических резервуаров и газгольдеров

При изготовлении сферических резервуаров и газгольдеров сферическую поверхность заготовки получают разными методами в зависимости от схемы раскроя. Так, при схемах раскроя, показанных на рис. 17.5, а, в, заготовки получают горячей штамповкой; при раскрое, как на рис. 17.5, б — холодной вальцовкой с помощью специального многовалкового стана. Верхние валки имеют бочкообразную форму. Два нижних и один верхний валки являются изгибающими, остальные — калибрующими. Перед вальцовкой вырезают развертку лепестка.

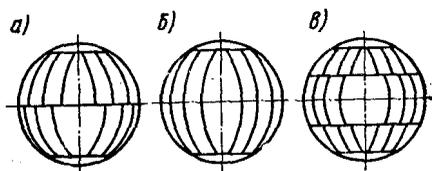


Рис. 17.5. Схемы раскроя корпусов сферических резервуаров

Так, для сферического резервуара вместимостью 2000 м^3 (рис. 17.5, б) заготовку меридиональных лепестков собирают из трех листов размером 7000×2100 мм каждый по коротким кромкам и сваривают под флюсом. Вырезку заготовки производят по накладному шаблону-копиру. Поскольку полученные лепестки превышают габарит подвижного железнодорожного состава, то после вальцовки их разрезают на две части и укладывают выпуклостью вниз в специальные контейнеры для перевозки к месту монтажа.

Сферические резервуары и газгольдеры вместимостью 600 м^3 (рис. 17.5, а) обычно монтируют из двух полушарий, предварительно собираемых на стенде-кондукторе. В зависимости от раскроя приемы сборки полусфер различны. Для этого варианта полуднища закрепляют на центральной стойке стенда (грибок) (рис. 17.6).

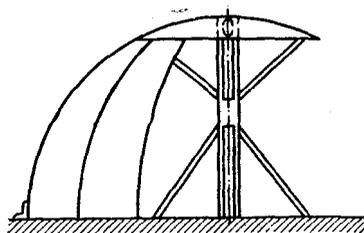


Рис. 17.6. Схема сборки нижней полусферы на стенде

Лепестки нижней полусферы, попарно сваренные в блоки здесь же на монтаже автоматической сваркой под флюсом на стенде-качалке, устанавливают на сборочном стенде в проектное положение и соединяют укладкой непрерывных швов малого сечения, обеспечивающим прихватку собранных деталей и

уплотнение стыковых соединений для последующей сварки под флюсом.

Общую сборку и сварку выполняют следующим образом. Нижнюю полусферу устанавливают на временную опору. Собранную в стенде верхнюю полусферу поднимают и монтируют на нижнюю. Сборка заканчивается ручной однослойной подваркой замыкающего шва.

При раскрое, показанном на рис. 17.5, б, лепестки на монтаже предварительно укрупняют. Так, сферически резервуары объемом 2000 м³ монтируют из двухлепестковых меридиональных блоков, причем каждый лепесток собирают из двух заводских элементов — длинного и короткого. Укрупнение осуществляют на стенде; элементы собирают с помощью клиньев и струбцин, прихватывают и сваривают между собой с внутренней стороны однослойным швом вручную. Полюсные блоки — днище и купол собирают из трех элементов каждый. Для этого типа раскроя получил применение вертикальный способ сборки сферы. Предварительно к трубчатой стойке приваривают полюсные блоки, усиливая их элементами жесткости. Затем стойку 4 (рис. 17.7) с блоками 2 и 6 и монтажной люлькой 7 устанавливают вертикально на временную опору 1, располагаемую центрально относительно подготовленного фундамента резервуара 9, и раскрепляют растяжками. Блоки лепестков 3 с распорками жесткости 5 поднимают в вертикальное положение и крепят с помощью сборочных планок и клиньев к днищам и друг к другу, а также временными прихватками к опорам 8, устанавливаемым на фундаменте 9. Затем блоки соединяют между собой ручным прихваточным швом, а перед установкой последнего блока удаляют элементы жесткости 5, монтажную стойку 4 и люльку 7. После завершения сборки под временной опорой 1 располагают специальный манипулятор вращения сферы, чтобы придать горизонтальное положение каждому свариваемому участку шва. Прихватки крепления сферы к временной 1 и постоянным опорам 8 удаляют и поднимают сферу с помощью домкратного устройства манипулятора. Автоматическая сварка под флюсом по ручной подварке выполняется сварочным трактором, который при сварке с внешней стороны располагается сверху на сфере, а при сварке внутри — внизу. Чтобы выполнять меридиональные, экваториальные и полюсные швы резервуара различного раскроя и переходить с одного шва на другой, манипулятор должен

обеспечивать вращение в любой плоскости. Все сварные соединения сферических резервуаров — стыковые; при толщине элементов до 16 мм разделки кромок обычно не делают. При толщине 25 мм используют V-образную разделку; при толщине 34...38 мм — X-образную.

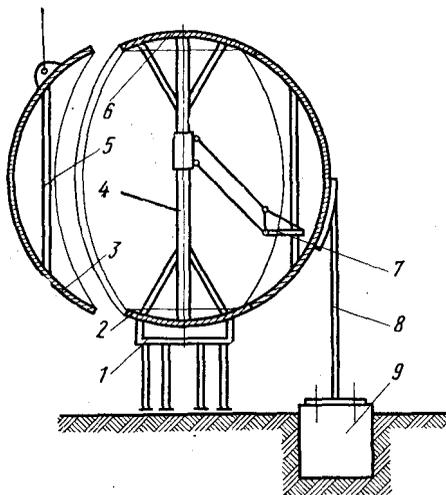


Рис. 17.7. Схема сборки сферического резервуара в проектном положении

Последовательность выполнения швов такова. Сначала выполняют меридиональные швы в несколько слоев с внешней стороны. С внутренней стороны подварку корня шва производят за счет глубокого проплавления без вырубке его. Затем сваривают широтные и полюсные соединения. При выполнении сборочных и сварочных работ над резервуаром целесообразно устанавливать общее прозрачное пленочное покрытие. Это улучшает условия работы и облегчает применение сварки в среде защитного газа.

Применение манипулятора позволяет основной объем сварочных работ при монтаже сферических резервуаров выполнять сваркой под флюсом в нижнем положении. Однако такая технология имеет тот недостаток, что для обеспечения работы только одного сварочного трактора приходится вращать огромную и тяжелую конструкцию. При этом в результате действия сосредоточенных сил от опор возникают изменения формы оболочки при вращении, что ограничивает использование

такой технологии сооружения резервуаров объемом не более 2000 м³.

При сооружении резервуаров значительно больших размеров монтаж обычно осуществляют методом укрупнительной сборки лепестков заводского изготовления в блоки на монтажной площадке и автоматической их сварки под слоем флюса или в среде защитного газа. Монтаж блоков в проектное положение ведется последовательным наращиванием; швы между блоками выполняют в основном ручной сваркой или автоматами для сварки во всех пространственных положениях проволокой диаметром 1...1,2 мм в смеси Ar—CO₂ со свободным формированием шва. Очередность установки блоков при монтаже определяется расположением опор. Так, при раскрое (см. рис. 17/5, в) монтаж можно начинать с экваториального пояса. К укрупненным блокам лепестков этого пояса приваривают опорные стойки, и устанавливая их на фундамент, монтируют весь экваториальный пояс. Затем на временный постамент укладывают нижнее днище и монтируют блоки нижнего пояса. После установки временной стойки монтируют верхнее днище и верхний пояс.

17.3. Изготовление негабаритных сооружений оболочкового типа

К негабаритным сооружениям оболочкового типа относят сооружения доменных комплексов (рис. 17.8, а), имеющие высоту 40 м и более. К ним предъявляют требования герметичности и прочности. Кожух доменной печи — несущая конструкция; его собирают из листовых элементов толщиной до 60 мм и сваривают стыковыми соединениями. Диаметр кожуха может превышать 15 м. Воздухонагреватели, пылеуловители и скрубберы представляют собой цилиндрические сосуды диаметром 7...11 м со сферическими или коническими куполами. Их собирают и сваривают стыковыми соединениями из листовых элементов толщиной 10...20 мм.

При сооружении кожухов домен листы, прошедшие заготовительные операции, перед отправкой с завода сваривают попарно под флюсом по длинной кромке. Длинная кромка листа располагается по образующей либо в окружном направлении. Это зависит от мощности гибочного оборудования.

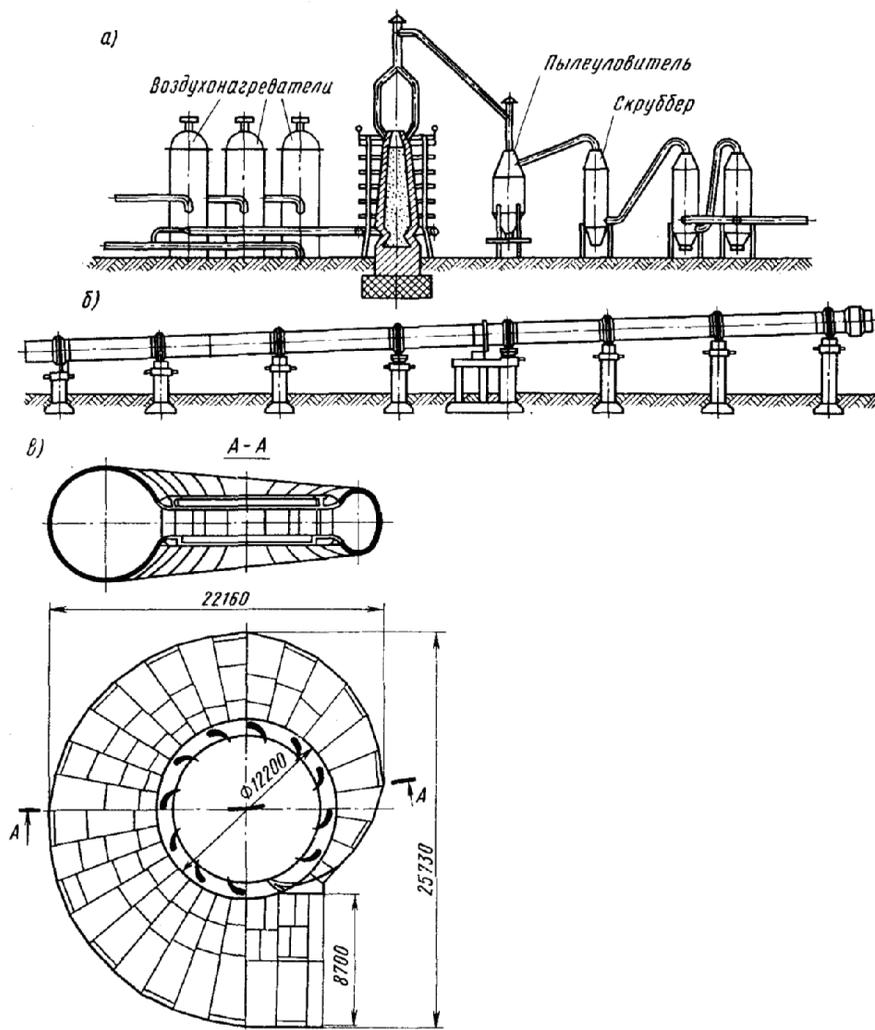


Рис. 17.8. Характерные примеры негабаритных сооружений оболочкового типа:

а — конструкции доменного комплекса; б — корпус цементной печи; в — спиральная камера гидротурбины

Расположение по образующей является предпочтительным, так как в этом случае (рис. 17.9, а) все швы монтажного блока прямолинейны, однотипны и удобны для сборки и электрошлаковой сварки. При расположении длинной кромки листа в окружном направлении (рис. 17.9, б) сборке монтажного блока предшествует укрупнение заводских элементов сваркой под флюсом в условиях монтажа на качающемся стенде. Горизонтальные швы между монтажными блоками обычно выполняются с двусторонней разделкой кромок в несколько слоев полуавтоматической сваркой в среде CO_2 . На высоте ветер может нарушить защиту шва. В этом случае сварку с внешней стороны кожуха выполняют вручную, а с внутренней полуавтоматами в среде CO_2 .

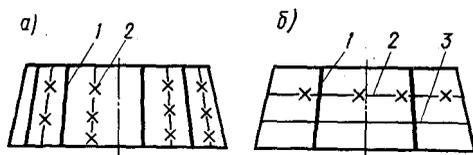


Рис. 17.9. Схемы раскроя монтажного блока кожуха домны:

1 – электрошлаковая сварка на монтаже; 2 – сварка под слоем флюса на заводе; 3 – сварка под флюсом на монтаже

Корпус цементной печи (см. рис. 17.8, б) представляет собой цилиндрическую трубу диаметром 4,5...7 м. и длиной 170...230 м. На корпус насаживают бандажные кольца, которыми он опирается на роликовые опоры. При изготовлении корпуса цементной печи характер членения всей конструкции на отдельные транспортабельные элементы определяется прежде всего способом их доставки на место монтажа. Ввиду негабаритности печи по диаметру при перевозке железнодорожным транспортом обечайки корпуса поставляются по частям в виде сваренных из двух свальцованных листов «четвертинок». Посредством временного деформирования с доведением не замкнутых по образующей обечаек до диаметра 3700 мм можно перевозить их на обычных платформах. При использовании колодезных транспортеров по железной дороге можно перевозить обечайки длиной 2000 мм (например, подбандажные обечайки, имеющие малый допуск на эллиптичность). Перевозка целых обечаек большой длины (4000...

8000 мм) возможна только автотракторным или водным транспортом. В условиях монтажа сварку продольных швов обечаек корпуса выполняют сварочным трактором под флюсом с двух сторон. После сборки отдельных обечаек в блоки кольцевые стыки сваривают на приводном роликовом стенде сварочным трактором по ручной подварке или на флюсовой подушке.

Бандажи, представляющие собой массивные кольца массой 60 т и более с поперечным прямоугольным сечением, могут поставляться на место монтажа либо целиком, либо в виде двух полуколец. Во втором случае при сборке и сварке обработанных на заводе полуколец в условиях монтажа необходимо ограничить искажения формы и размеров кольца. Т. к. усадка верхней и нижней частей электрошлакового шва неодинакова, то эллипτικότητα и конусность бандажа из-за сварочных деформаций компенсируют, устанавливая клиновидный зазор в стыке (рис. 17.10).

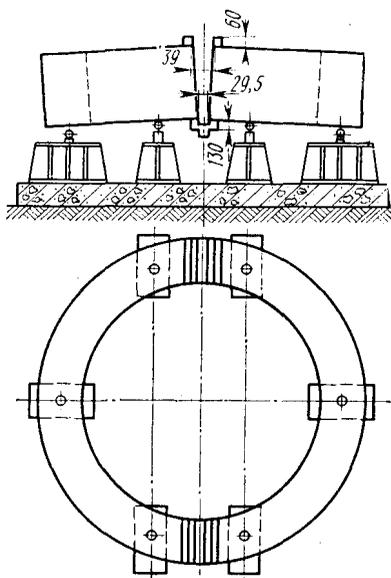


Рис. 17.10. Сборка половин бандажа под сварку

Для снятия внутренних напряжений стыки после сварки подвергают местному отпуску. С помощью съемных электрических печей участки бандажей длиной 700 мм в каждую

сторону от шва подвергают нагреву до температуры 550...600°C с соответствующей выдержкой и медленным охлаждением.

По мере сварки бандажей их насаживают на подбандажные обечайки и укрупненные монтажные элементы краном устанавливают в проектное положение. После выверки соосности сварку кольцевых швов выполняют сначала однослойным швом вручную, а затем изнутри и снаружи трактором, используя механизм вращения печи, чтобы место сварки все время находилось в нижнем положении.

Спиральная камера мощной гидротурбины является сложной сварной конструкцией больших размеров (см. рис. 17.8, в). Листовые заготовки, имеющие переменную пространственную кривизну, сваривают стыковыми швами.

Необходимость ограничения отклонений от проектных размеров и формы готовой камеры заставляет предъявлять жесткие требования к точности раскроя и монтажа с помощью сварки.

Спиральные камеры крупных гидротурбин сложны в изготовлении из-за больших габаритов, высоких требований к точности сечений и значительной толщины листовых элементов. Разметку элементов осуществляли с помощью шаблонов, изготовленных по размерам, определенным на плазе. После газопламенной резки с одновременным скосом кромок под сварку заготовки подвергали гибке на прессе с помощью универсального гибочного штампа. Для предотвращения изменения формы при сварке элементов в звенья устанавливали временные элементы жесткости. Подгонку осуществляли при контрольной сборке (рис. 17.11).

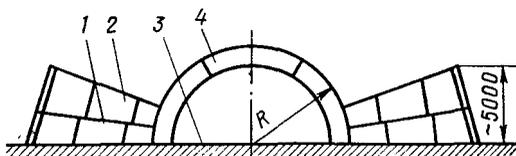


Рис. 17.11. Схема контрольной сборки спиральной камеры

Половину статора 4 устанавливали на плитовой стенд 3 с нанесенной разметкой сечений всех звеньев. Кромкой, сопрягающейся со звеном 1, звено 2 устанавливали на плиту по разметке и собирали в кольцо с подгонкой к статору 4 и

доведением зазоров до допустимого размера подрубкой и наплавкой кромок. После закрепления в кольцо с помощью стяжек на прихватках звено 2 снимали, а на его место устанавливали и подгоняли по плите и к статору в той же последовательности элементы звена 1. Затем на звено 1 устанавливали звено 2. Подгонку стыка между ними производили за счет верхней кромки звена 1, не затрагивая базовую кромку звена 2. На этом операция контрольной сборки звена 1 заканчивается.

Порядок монтажной сборки спиральной камеры показан на рис. 17.12.

Спиральная камера состоит из 27 конструктивных звеньев, поставляемых в виде 36 монтажных элементов. Звенья XXIII...XXVII и отражательный лист 19 составляют один монтажный элемент; звенья XIII...XXII сварены в условиях завода попарно; звенья VII...XII состоят каждое из двух, а звенья I...VI — из трех монтажных элементов. После установки и раскрепления статора гидротурбины сборку начинали с зуба спирали. Первыми устанавливали, подгоняли и прихватывали между собой к статору секции 18 и 2, а также отражательный лист 19. Затем к каждой из секций последовательно устанавливали и подгоняли смежные прилегающие секции 18...13; с другой стороны — секции 2...11. Выполненную с некоторым припуском замыкающую секцию 12 после подгонки ставили последней.

Для уменьшения потолочной сварки разделку швов верхней части спирали делали с наружной стороны, а в нижней части — с внутренней. Боковые части спирали имели X-образную разделку. Сварку продольных и кольцевых швов спирали выполняли способом последовательного обратноступенчатого исполнения швов или способом наварки слоев горкой.

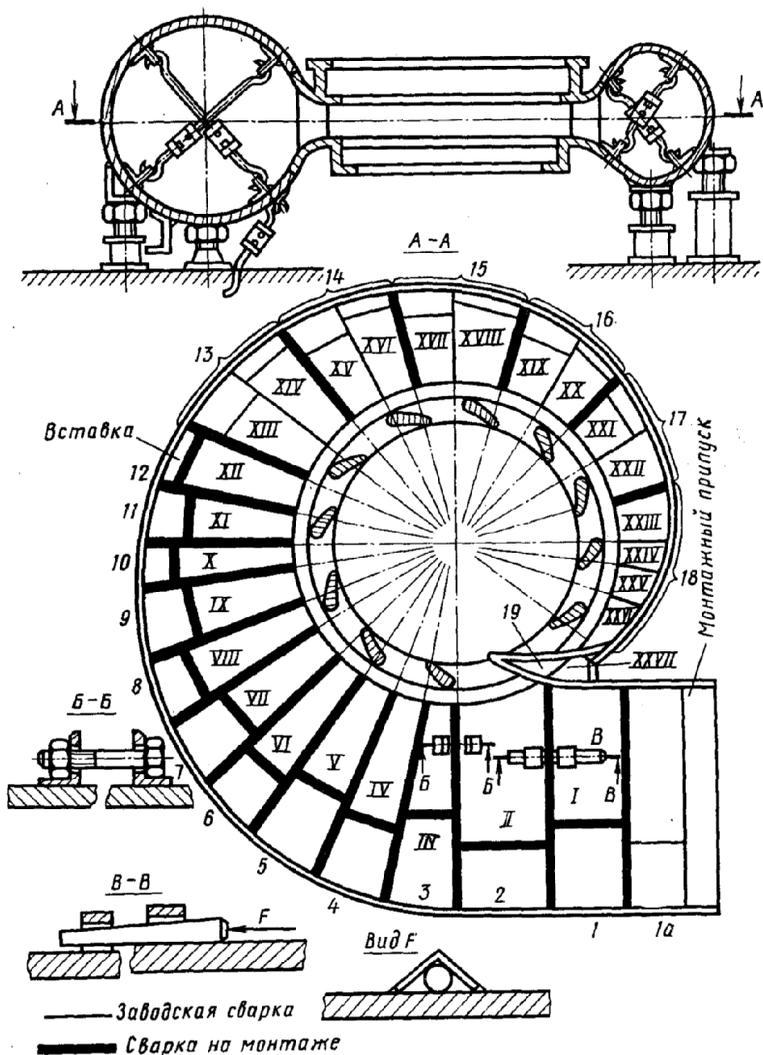


Рис. 17.12. Схема монтажа спиральной камеры

Контрольные вопросы:

1. Каковы приемы монтажа сферических резервуаров и как они зависят от типа раскроя листовых элементов?
2. Каковы приемы монтажа кожухов домин и как они зависят от типа раскроя листовых элементов?

Лекция № 18

Технология изготовления тонкостенных сосудов, работающих под давлением

План:

18.1. Общие сведения о тонкостенных сосудах, работающих под давлением

18.2. Общие сведения об изготовлении тонкостенных сосудов, работающих под давлением

18.3. Крупносерийное производство тонкостенных сосудов, работающих под давлением

18.1. Общие сведения о тонкостенных сосудах, работающих под давлением

При расчете на прочность сосудов считают тонкостенным, если толщина его стенки значительно меньше прочих размеров (в 20 раз и более). С позиций конструктивного оформления сварных соединений и технологии изготовления сосудов считают тонкостенным, если толщина стенки не превышает 7...10 мм.

Тонкостенным сосудам обычно придают форму цилиндра, сферы или тора (рис. 18.1).

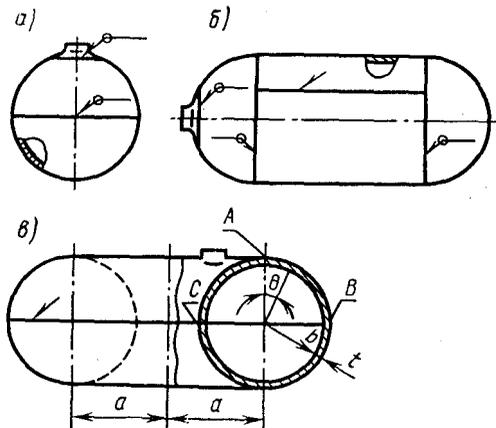


Рис. 18.1. Характерные типы сосудов:
а — сферический; б -цилиндрический; в — торовый

Сферический сосуд при заданной емкости имеет минимальную массу, торовый можно компактно разместить,

например, вокруг камеры сгорания, цилиндрическая форма сосуда обеспечивает наиболее технологичное конструктивное оформление. Соединения осуществляют продольными, кольцевыми и круговыми швами. Тонкостенные сосуды обычно являются конструктивными элементами различных транспортных установок. В тех случаях, когда не требуется экономия массы, используют хорошо сваривающиеся материалы невысокой прочности. В зависимости от свариваемости металла и его чувствительности к концентрации напряжений представления о технологичности одного и того же конструктивного оформления могут оказаться — различными. Характерные для низкоуглеродистых сталей хорошая свариваемость и малая чувствительность к концентрации напряжений позволяют использовать любые типы сварных соединений. Поэтому при использовании таких материалов главной задачей ставится снижение трудоемкости изготовления изделия. Примером этого служат конструкции тормозных воздушных баллонов грузовых автомобилей, изготавливаемых в условиях крупносерийного и массового производства, когда технологичность изделия особенно важна. Такой баллон (рис. 18.2, а) имеет обечайку из горячекатаной стали 20кп и два штампованных днища из стали 08кп толщиной 2,5 мм. К днищу дуговой или рельефной сваркой приварены бобышки. Соединение днища с обечайкой нахлесточное. Такое решение облегчает механизацию сборки путем одновременной запрессовки обоих днищ в обечайку. Для этого отбортованной части днищ придают коническую форму, обеспечивающую центровку их относительно обечайки при сборке. Ацетиленовый баллон (рис. 18.2, б) выполнен из более прочной низколегированной стали 15ХСНД, и нахлесточные соединения при его изготовлении недопустимы. Все рабочие соединения стыковые, причем кольцевые швы допускается выполнять на подкладках. При использовании высокопрочной стали 25ХСНВФА ($\sigma_B=1400$ МПа) подкладные кольца у стыковых соединений уже применять нельзя (рис. 18.2, в).

Иногда для понижения рабочих напряжений в зоне сварного соединения увеличивают толщину металла в местах расположения швов (рис. 18.2, г).

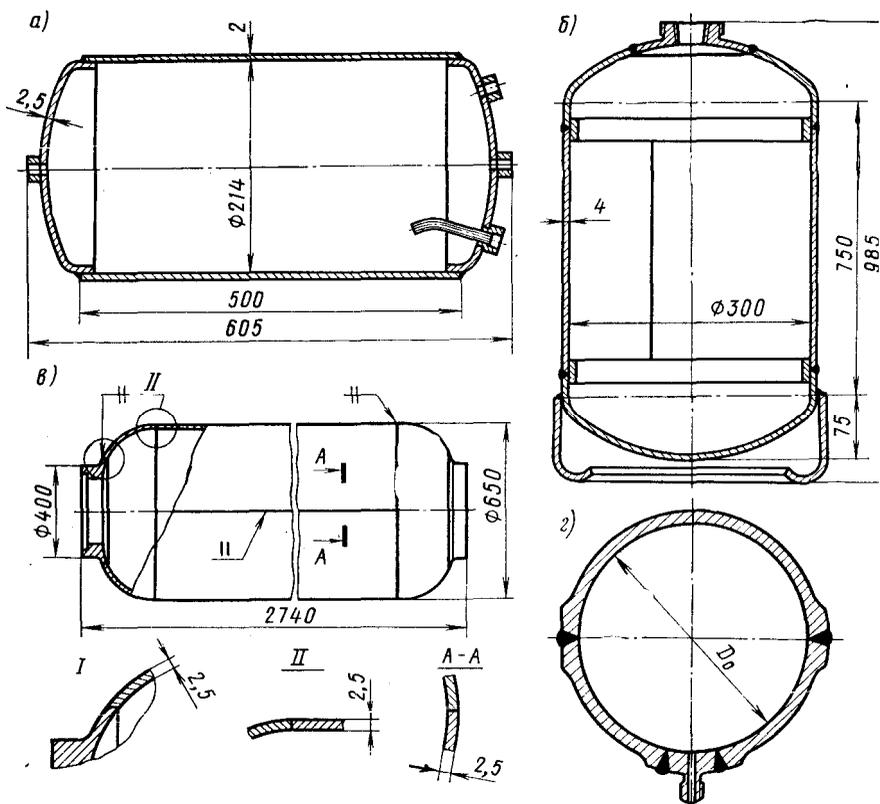


Рис. 18.2. Тонкостенные сосуды:
 а — тормозной резервуар грузового автомобиля; б — ацетиленовый баллон; в — сосуд высокого давления; г — шар-баллон из титанового сплава

18.2. Общие сведения об изготовлении тонкостенных сосудов, работающих под давлением

При изготовлении сосудов приходится выполнять прямолинейные, кольцевые и круговые стыковые швы. В зависимости от толщины стенок приемы выполнения каждого из них имеют свои особенности; разнообразна и применяемая оснастка.

Швы тонкостенных сосудов, как правило, выполняют в среде защитных газов. Сборку рекомендуется производить с помощью зажимных приспособлений. Надежное прижатие свариваемых кромок к подкладке позволяет выполнять одностороннюю сварку в приспособлении без прихватки. При сборке и сварке прямолинейных швов между листами и продольных швов обечаек равномерно и плотное прижатие кромок к подкладке осуществляется зажимными приспособлениями клавишного типа. Усилие прижатия обычно составляет 300...700 Н на 1 см длины шва и создается гидравлическим или пневматическим устройством (рис. 18.3).

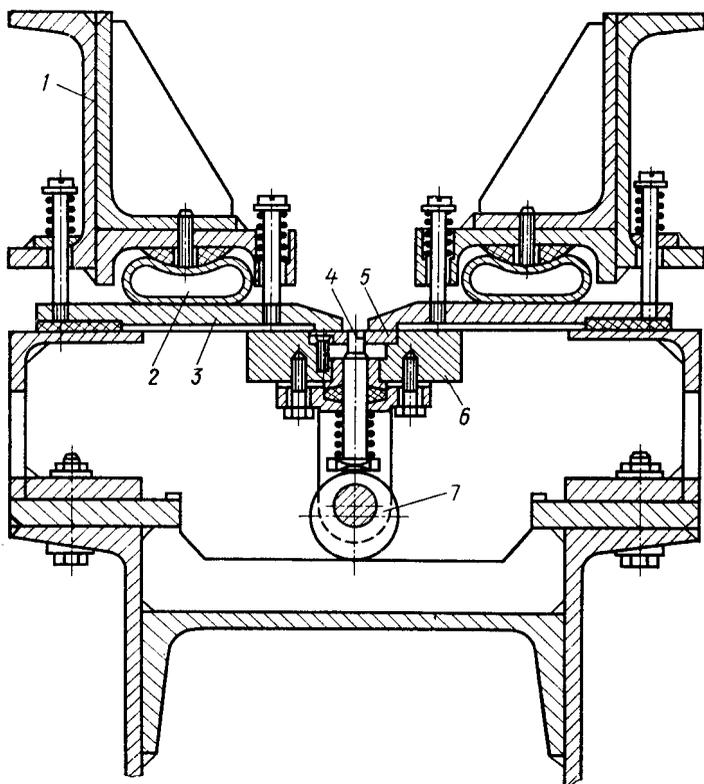


Рис. 18.3. Приспособление для сборки и сварки прямолинейных стыков тонколистовых элементов

На верхнем основании жесткого каркаса 6 закреплен ложемент с подкладкой 5. Прижим свариваемых кромок осуществляют раздельно для каждого листа через набор клавиш 3, укрепленных на балках 1. Давление на клавиши передается пневмошлангами 2 и регулируется редуктором. Установка и прижатие листов производится в такой последовательности: поворотом эксцентрикового валика 7 из подкладки выдвигаются фиксаторы 4, после чего до упора в них заводится листовая заготовка и зажимается подачей воздуха в шланг. Затем фиксаторы убираются и до упора в кромку заготовки устанавливается другая заготовка и зажимается подачей воздуха в шланг 2.

При сборке и сварке продольных стыков обечаек основание приспособления выполняют в виде консоли; прижимные балки с клавишами закрепляют к ним одним концом жестко, а другим концом — посредством откидных болтов.

Продольные швы вызывают нарушение прямолинейности образующих тонкостенных обечаек и уменьшение кривизны в зоне шва в поперечном сечении (рис. 18.4).

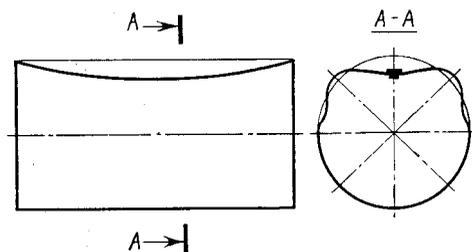


Рис. 18.4. Характер деформаций обечайки от продольного шва

Для исправления таких сварочных деформаций широко используют прокатку роликами.

При выполнении кольцевых швов тонкостенных сосудов из материалов, мало чувствительных к концентрации напряжений, используют остающиеся подкладные кольца, которые облегчают центровку кромок и их одностороннюю сварку. Для ряда высокопрочных материалов такой прием оказывается неприемлемым. В этом случае кольцевые стыки собирают и сваривают на съемных подкладках разжимных колец. Однако

надо учитывать, что из-за подогрева кромок впереди сварочной дуги они расширяются и отходят от подкладного кольца в радиальном направлении, что может привести к смещению кромок. В тонкостенных сосудах, работающих под давлением, смещение кромок в стыковом шве — опасный концентратор, и при изготовлении необходимо принимать меры по их предотвращению или устранению. Для прижатия кромок можно применять наружные стяжные ленты, однако их приходится располагать на некотором расстоянии от оси стыка и перемещения предотвращаются лишь частично. Более эффективно оказывается прижатие кромок к подкладкам роликом, перекатовавшимся по поверхности стыка непосредственно перед сварочной дугой. Прижим не дает возможности кромкам оторваться от поверхности подкладного кольца в месте образования сварного соединения. Приспособление для прижатия кромок обечаяк (рис. 18.5) закреплено на консоли сварочной головки.

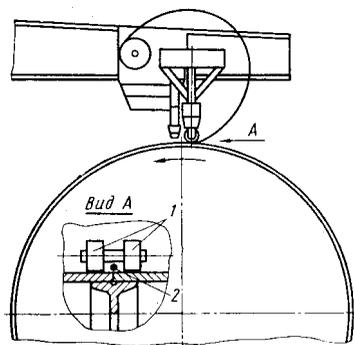


Рис. 18.5. Схема приспособления для прижатия кромок к подкладному кольцу перед сварочной головкой:

1 - прижимные ролики; 2 — присадочная проволока

Прижимные ролики опираются на обе свариваемые кромки, выравнивая их и прижимая к подкладному кольцу с помощью пружины.

Деформация от кольцевого шва для большинства материалов уменьшают диаметр обечайки. Такое сокращение зоны шва хорошо поддается исправлению прокаткой роликами. При сварке алюминиевых сплавов диаметр обечайки в зоне кольцевого шва, выполненного на подкладном кольце, может оказаться не только

не меньше, но даже больше первоначального размера. Рассмотренный выше прием прижатия кромок к подкладному кольцу роликом, расположенным перед сварочной головкой (см. рис. 18.5), позволяет практически полностью предотвратить такое увеличение диаметра при сварке стыков обечаек из алюминиевых сплавов.

Соединение элементов арматуры (фланцы, штуцера) со стенкой сосуда обычно делают стыковым, допуская соединение угловыми швами или рельефной сваркой только для материалов, мало чувствительных к концентрации напряжений. Стыковые круговые швы выполняют односторонней сваркой на подкладке с канавкой. Вид сборочно-сварочной оснастки и конструктивное оформление стыка определяются необходимостью плотного прижатия кромок к подкладке, предотвращения их перемещений в процессе сварки и устранения сварочных деформаций, приводящих к местному искажению формы оболочки в зоне шва. В зависимости от формы поверхности стенки сосуда (сферической или цилиндрической), материала и толщины свариваемых элементов конструктивно-технологические решения могут быть различными. Так, например, при сварке фланца в сферический сосуд из алюминиевого сплава АМгб целесообразно использовать соединение с буртиком (рис. 18.6).

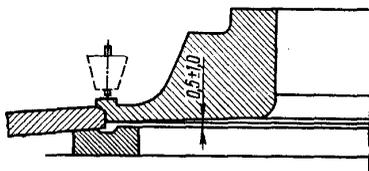


Рис. 18.6. Сборка фланца с оболочкой при наличии технологического буртика на фланце

Технологический буртик предназначен для передачи усилия прижатия фланца на оболочку, обеспечения их соосности и повышения жесткости кромки фланца.

При небольших размерах сосуда или того элемента, в который вваривается деталь арматуры, сварку кругового шва целесообразно осуществлять неподвижной сварочной головкой при вращении приспособления с закрепленным свариваемым стыком. При вварке арматуры в узел значительных размеров круговой шов более удобно выполнять сварочной головкой,

перемещающейся по поверхности элемента оболочки, закрепленного неподвижно.

18.3. Крупносерийное производство тонкостенных сосудов, работающих под давлением

В крупносерийном производстве тонкостенных сосудов (тормозные резервуары, пропановые баллоны) для выполнения сборочно-сварочных операций применяют специальные полуавтоматические установки. В них для сборки продольного стыка обечайки необходимо выполнять следующие операции: приемку обечайки; ориентирование стыка; прижатие его к подкладке симметрично относительно формирующей проплав канавки; выполнение шва; освобождение обечайки от зажатия и ее сброс.

Наиболее сложной для автоматизации операцией является ориентирование. Если эту операцию выполняет рабочий, то установка значительно упрощается и это нередко является причиной отказа от применения полностью автоматизированных устройств.

На такой установке (рис. 18.7) сборочную и сварочную операции можно выполнять на разных позициях, связанных транспортирующим устройством, например, планшайбой 1 с шаговым поворотом, на которой закреплены консольные балки 2, 6 и 9, несущие сварочную подкладку.

От обечаек, расположенных на наклонном накопителе 5, отсекателем 7 отделяется одна, которая скатывается на приемное место 10 тележки 8. При движении этой тележки обечайка надвигается на консоль 6 планшайбы, находящейся в положении приема, опускается на нее, а тележка отходит в исходное положение. Оператор ориентирует одну из кромок вдоль оси канавки 12 подкладки и фиксирует ее вакуумными присосками 13, вторую кромку устанавливают впритык к первой. Сборочная операция при необходимости завершается установкой заходных планок и нажатием кнопки, снимающей ограничение автоматического включения шагового поворота. Точная установка стыка под сварочную головку обеспечивается конусным фиксатором 4, который одновременно используется для поддержания конца консольной балки 2 при зажатии кромок обечайки клавишными прижимами 11 балки портала 3. Операция

сварки в этом случае может осуществляться без участия оператора.

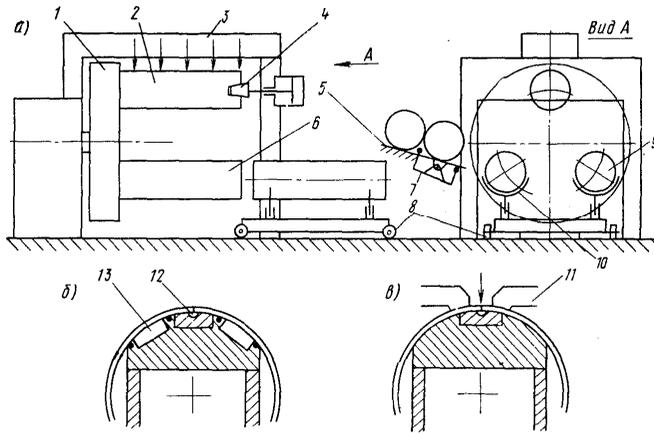


Рис. 18.7. Полуавтоматическая установка для сборки и сварки продольного стыка обечайки:
 а — схема установки; б — расположение обечайки на позиции сборки; в — расположение обечайки на позиции сварки

По ее окончании клавишные прижимы и фиксатор отходят и поворот планшайбы 1 (рис. 18.7, а) переносит сваренную обечайку на позицию съема, где она подхватывается приемным устройством тележки.

Контрольные вопросы:

1. Как изменяются требования к конструктивному оформлению и прием сборки и сварки соединений тонкостенных сосудов в зависимости от уровня прочности применяемых материалов?
2. Какие приемы предотвращения в устранения деформаций от сварки используют при изготовлении тонкостенных сосудов?

Лекция № 19

Технология изготовления сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины

План:

- 19.1. Общие сведения о сосудах, работающих под давлением, со стенками средней толщины
- 19.2. Общие сведения об изготовлении сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины
- 19.3. Серийное производство сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины

19.1. Общие сведения о сосудах, работающих под давлением, со стенками средней толщины

Сосуды со стенками средней толщины (до 40 мм) широко используются в химическом аппаратостроении, а также как емкости для хранения и транспортирования жидкостей и сжиженных газов.

Нередко требуется защита рабочей поверхности аппарата от коррозионного воздействия среды и сохранения вязкости и пластичности материала несущих конструктивных элементов при низкой температуре. Поэтому все используемые материалы весьма разнообразны: углеродистые и высоколегированные стали, медь, алюминий, титан и их сплавы. Так как для обеспечения необходимого срока службы аппарата достаточно иметь слой коррозионно-стойкого материала толщиной всего несколько миллиметров, то нередко используют двухслойный прокат.

Аппаратуру емкостного типа обычно выполняют в виде цилиндрических сосудов. При избыточном давлении 0,4...1,6 МПа и выше, а также в емкостях, используемых для транспортировки жидкостей, соединения листовых элементов обечаек и днищ выполняют только стыковыми (рис. 19.1). Примером таких сосудов служат железнодорожные цистерны различного назначения. Для перевозки нефтепродуктов выпускают цистерны вместимостью 60 и 120 т, диаметром до 3 м со сферическими или эллипсоидными днищами; их изготавливают из стали СтЗсп или 09Г2С. При изготовлении цистерн для перевозки кислот применяют двухслойную сталь, алюминиевые сплавы, различные защитные покрытия.

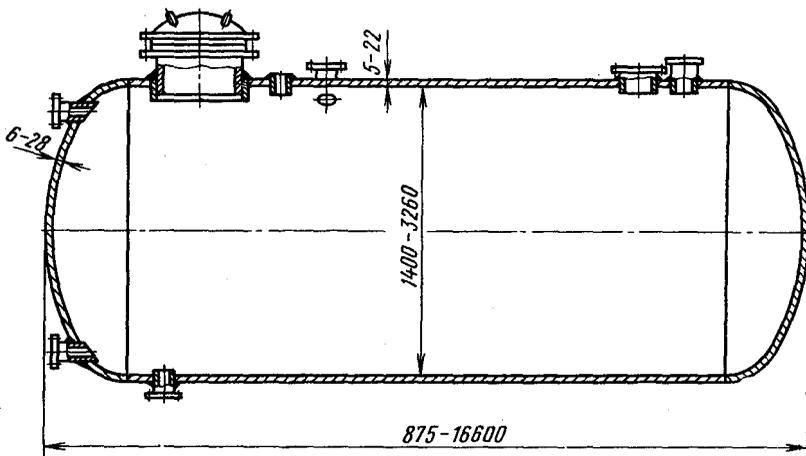


Рис. 19.1. Конструкция резервуара с эллиптическими отбортованными днищами

Сосуды для хранения и транспортирования жидких газов выполняют двухстенными. Внутренний сосуд цистерны для жидкого азота (рис. 19.2) выполняют из сплава АМц, который крепится цепями к наружному, выполненному из стали 20. Межстенное пространство заполняют аэрогелем и выкачивают воздух.

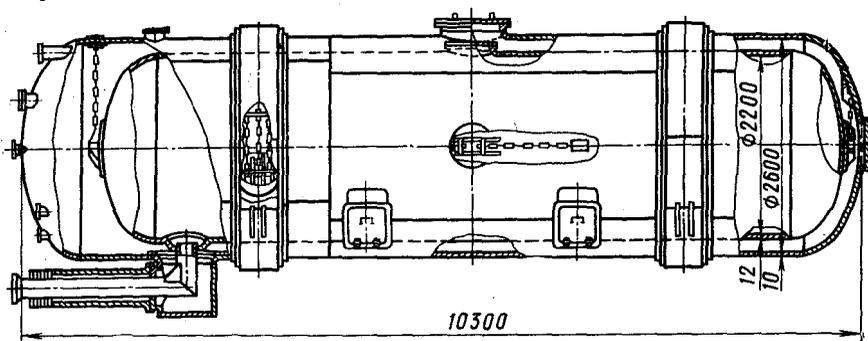


Рис. 19.2. Цистерна для жидкого азота

Характерным примером химического аппарата может служить теплообменник кожухотрубчатого типа, конструктивное оформление которого сводится к комбинации пластин, оболочек и труб разнообразных сечений и очертаний (рис 19.3).

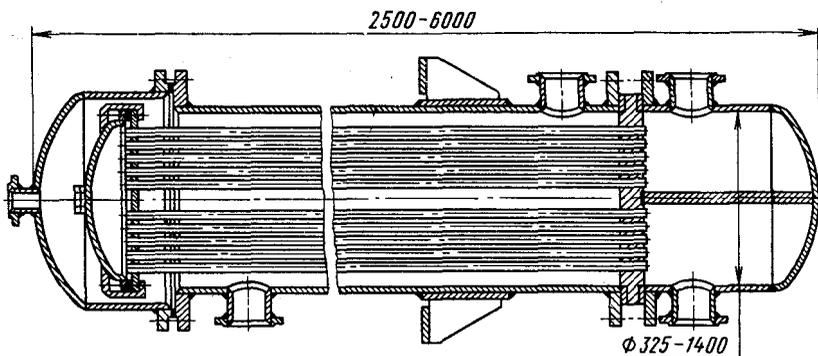


Рис. 19.3. Кожухотрубчатый теплообменник с плавающим компенсатором

19.2. Общие сведения об изготовлении сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины

Цилиндрические сосуды обычно собирают из нескольких обечайек и двух полусферических или эллиптических днищ. Обечайки вальцуют из одиночного листа или из сварной карты при расположении швов вдоль образующей. Днища либо сваривают из отдельных штампованных лепестков, либо штампуют целиком из листа или из сварной заготовки. Сборку и сварку цилиндрической части сосуда производят на роликовом стенде. Продольный стык обечайки собирают на прихватках с помощью простейших стяжных приспособлений. Сборку кольцевого стыка между обечайками является наиболее трудоемкой операцией. Для ее механизации роликовый стенд можно оборудовать установленной на тележке 5 скобой 1 (рис. 19.4).

Тележка передвигается вдоль стенда по рельсовому пути 7. Настройка скобы в вертикальной плоскости осуществляется тягой 4. Последовательность операций при сборке в этом случае такова. На роликовый стенд 6 краном подают две обечайки. Скобу продвигают так, чтобы опора 13 гидроцилиндра 10 оказалась в плоскости собираемого стыка, и закрепляют на первой обечайки включением гидроцилиндра 11. После того как торцовый гидроцилиндр 2, придвигая вторую обечайку к первой, установит требуемый зазор в стыке, гидроцилиндром 10 выравнивают кромки и ставят прихватку. Поворот собираемых обечайек на

некоторый угол для постановки других прихваток требует не только отвод прижимов гидроцилиндром 10 и 11, но также и опор 12 и 13. Последнее осуществляется путем небольшого поворота скобы 1 вокруг оси 3 под действием штока 9 гидроцилиндра 10. Шток 9 при движении вниз, встретив неподвижную регулирующую опору 8, поднимает цилиндр, поворачивая скобу 1.

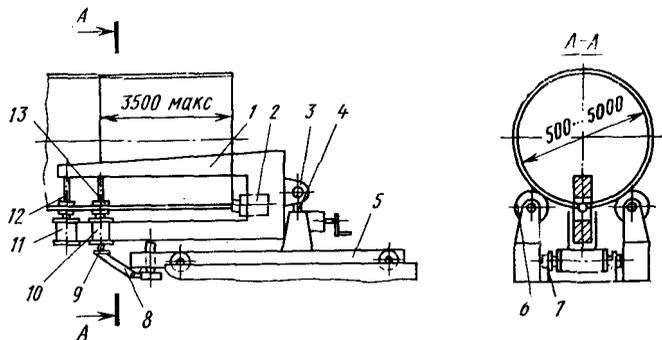


Рис. 19.4. Установка для механизированной сборки кольцевых стыков цилиндрических сосудов

Сварка продольных и кольцевых швов сосудов со средней толщиной стенки выполняется чаще всего под флюсом с двух сторон. Выполнение первого слоя на весу требует тщательной сборки и ограничения размера зазора по всей длине шва. Поэтому роликовые стенды обычно оборудуют флюсовыми подушками, позволяющими производить сварку первого слоя шва без жесткого ограничения зазора в стыке. Флюсовая подушка для продольных швов представляет собой жесткий короб, закрепленный на тележке. Пневмоцилиндры поднимают короб до упора в изделие. Плотное прижатие флюса к стыку создается подачей сжатого воздуха в шланг. Поджатие флюса при сварке кольцевых швов может осуществляться с помощью подушки ременного типа (рис. 19.5). Движение ремня и подача флюса к месту горения дуги происходят вследствие сил трения.

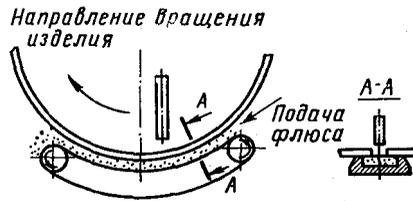


Рис. 19.5. Схема флюсоремной подушки для сварки кольцевых швов

Другая конструкция флюсовой подушки для кольцевых швов представлена на рис. 19.6. При подаче воздуха в пневмоцилиндр 4 диск флюсовой подушки 2 поднимается до упора в изделие, а сам цилиндр, благодаря пружинной подвеске, опускается и упирается траверсой 7 в рельсы, фиксируя положение тележки 1. При вращении изделие увлекает за собой диск 2 с ложементом 5 и, поворачивая его вокруг наклонной оси 3, прижимает резиновую камеру 6 с флюсом к стыку.

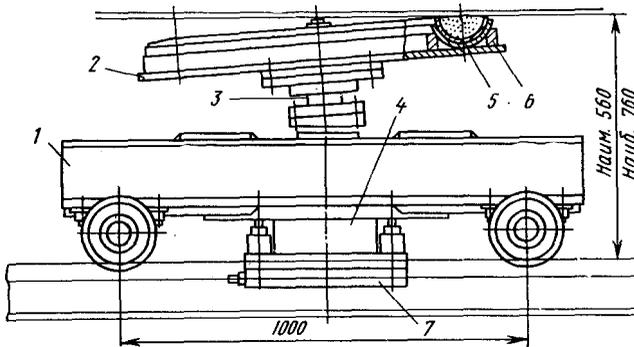


Рис. 19.6. Флюсовая подушка с эластичным лотком для сварки кольцевых швов

Первый слой выполняют изнутри обечайки, а второй сваривают снаружи по ранее уложенному первому с полным проплавлением всей толщины стенки. При толщине стенки сосуда более 25 мм автоматическая сварка под флюсом обычно выполняется в несколько слоев.

При серийном изготовлении сосудов днища часто выполняют штамповкой целиком, причем листовая заготовка

может быть сварной. В мелкосерийном и индивидуальном производствах днища обычно собирают и сваривают из отдельных штампованных элементов.

В некоторых случаях емкости имеют эллиптическую или овальную форму поперечного сечения (бензовозы, автоцистерны для перевозки молока и др.). При автоматической сварке под флюсом стыков обечаек с днищами вращение сосуда необходимо осуществлять так, чтобы скорость сварки была постоянной и в зоне дуги шов располагался горизонтально. Станок, схема которого показана на рис. 19.7, удовлетворяет этим требованиям.

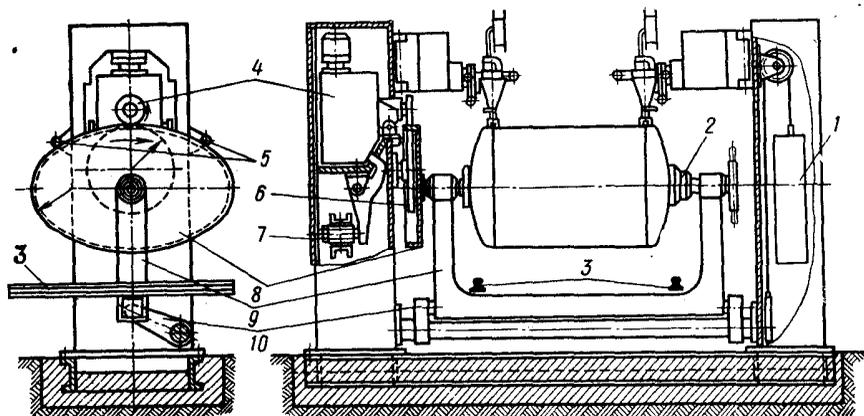


Рис. 19.7. Схема станка для автоматической сварки овальных сосудов

Копирный диск 8 имеет две беговые дорожки: наружную, по которой катится ведущий ролик приводного механизма 4, и внутреннюю — для опорного холостого ролика 6. Под действием пружинящего упора 7 копирный диск оказывается зажатым между ведущим и опорным роликами, а его крайние положения ограничиваются холостыми роликами 5. Наружная беговая дорожка копирного диска 8 представляет собой овал, как у изделия. Цистерна, предварительно собранная на прихватках, подается на станок тележкой по рельсам 3 и закрепляется в плавающей скобе 9 зажимным центрирующим приспособлением 2, жестко связанным с копирным диском. Вес изделия уравновешивается противовесом 1 с помощью подвижных рычагов

10. Наличие двух сварочных головок позволяет одновременно выполнять сварку обоеи швов.

19.3. Серийное производство сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины

В серийном производстве сосудов используют поточные методы производства. Примером может служить изготовление железнодорожных цистерн. Цилиндрическую часть котла цистерны вместимостью 60 т составляют из пяти листов (рис. 19.8, а), ее поперечное сечение после вальцовки показано на рис. 19.8, б.

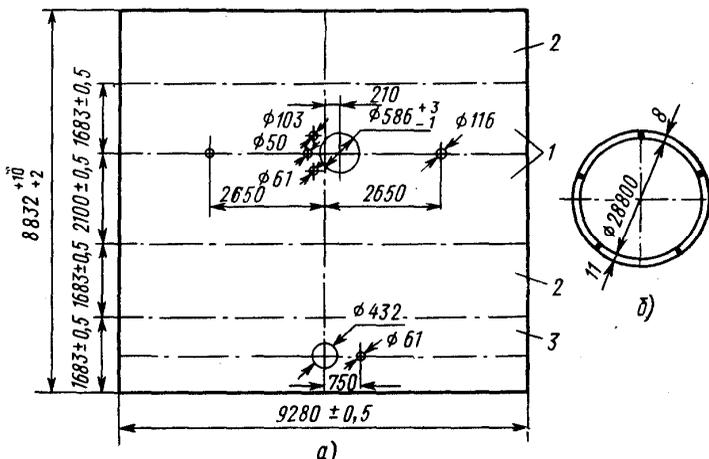


Рис. 19.8. Обечайка котла железнодорожной цистерны

Верхние 1 в средние 2 листы имеют толщину 8 мм, нижний лист 3 - 11 мм. Листы с механически обработанными кромками собирают на прихватках с постановкой заходных и выходных планок. Собранный полотнище приподнимают системой роликов и передают на сварочный стенд (рис. 19.9).

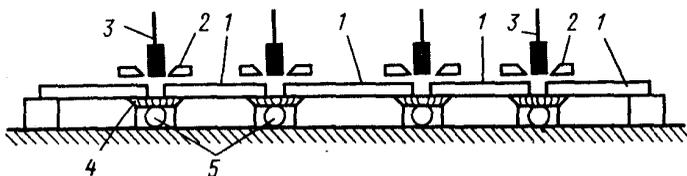


Рис. 19.9. Схема стенда для автоматической сварки листов обечайки

Кромки листов 1 прижимами 2 прижимаются к стенду, а флюсовые подушки 4 с пневмошлангами 5 обеспечивают поджатие флюса нижней стороны. Четыре сварочные головки 3 одновременно выполняют сварку всех продольных швов. После сварки с одной стороны кантователь переворачивает полотнище, а на второй сварочной установке одновременно сваривают все стыки. Далее полотнище рольгангом подают в гибочные вальцы, где вальцуют вдоль швов обечайку без предварительной подгибки кромок. После сборки и двусторонней сварки продольного стыка обечайку калибруют в гибочных вальцах, а затем устанавливают на роликовый конвейер, связывающий ряд рабочих мест. На каждом рабочем месте обечайка с помощью подъемных поперечных роликовых опор поднимается над роликами конвейера и может поворачиваться в соответствии с технологическим процессом. По завершении операции обечайка опускается на роликовый конвейер и перемещается на следующее рабочее место.

На первой позиции производят подготовку обечайки под сборку с днищем: зачищают места прихватки технологических планок, вырезают и зачищают отверстия люков, сливного прибора и предохранительного клапана.

На второй позиции осуществляют сборку обечайки со штампованными днищами с помощью двух центраторов, оборудованных 26 радиальными пневмоцилиндрами (рис. 19.10).

Внутри центраторов обечайка заводится рольгангом. Днища поступают на сборку после обрезки кромок. С помощью специального захвата днища в вертикальном положении краном подводят к обечайке, расположенной в центраторе, и первоначально закрепляют винтовыми торцовыми прижимами. Затем посекционным включением радиальных пневмоцилиндров производят выравнивание кромок кольцевого стыка и его прихватку.

Следующее рабочее место — стенд для одновременной сварки двух внутренних кольцевых швов, оборудованный флюсорезными подушками. Изготовление цилиндрической части котла завершается на стенде для сварки наружных швов.

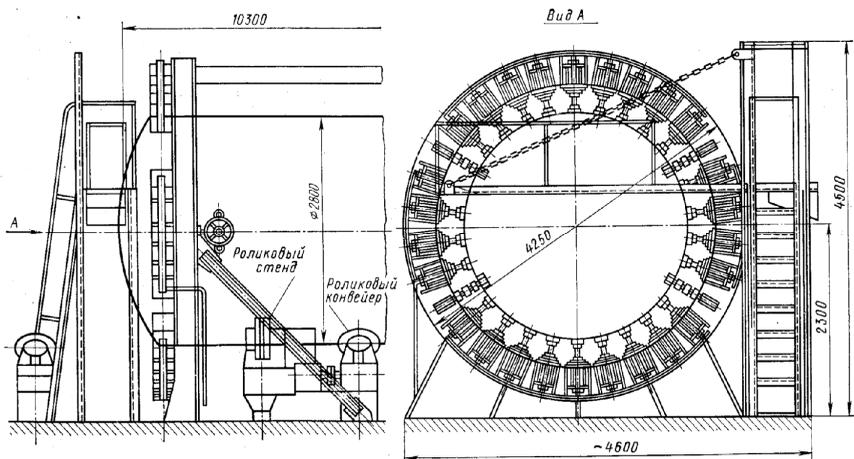


Рис. 19.10. Центратор для сборки днищ с обечайкой

В стенки сосудов и аппаратов приходится вваривать штуцера и патрубки, при этом их сварные соединения не должны снижать прочности сосуда. Примеры конструктивного оформления штуцеров в аппаратах химического производства показаны на рис. 19.11.

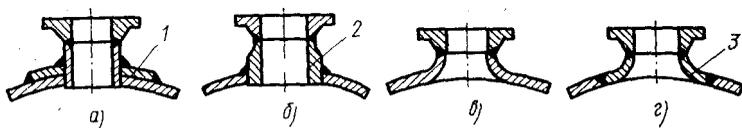


Рис. 19.11. Способы соединения люков и штуцеров с корпусами аппаратов

Варианты с дополнительным усиливающим кольцом 1 (рис. 19.11, а) и утолщенным патрубком 2 (рис. 19.11, б) технологически просты, при нагружении в зонах расположения угловых швов возникает значительная концентрация напряжений, что может служить причиной появления трещин в процессе эксплуатации. Варианты с вытяжкой горловины (рис. 19.11, в) и с сварным торовым воротником 3 (рис. 19.11, г) более сложны в изготовлении, зато исключение соединений с угловыми швами и плавный переход от стенки корпуса к штуцеру повышает надежность сосуда в эксплуатации.

Для теплообменной аппаратуры характерны соединения труб с трубной решеткой. Сборку трубного пучка начинают со сборки каркаса, включающего трубную решетку 1 и стяжки 2, на которые с помощью гаек закрепляют перегородки 3 (рис. 19.12). В собранный каркас последовательно заводят U-образные трубки 4.

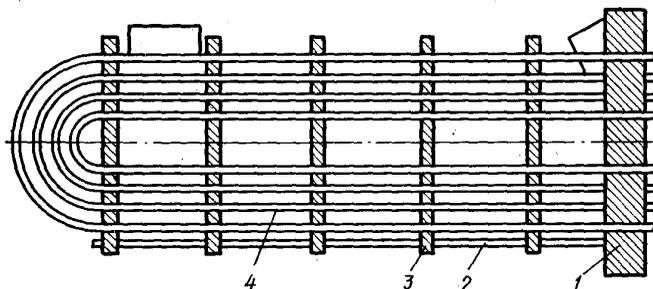


Рис. 19.12. Сборка каркаса U-образного трубного пучка

Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются оснастка и приемы сборки и сварки соединений тонкостенных сосудов и сосудов со стенкой средней толщины?

2. В чем состоят технологические особенности изготовления теплообменной аппаратуры?

Лекция № 20

Технология изготовления толстостенных сосудов, работающих под давлением

План:

20.1. Общие сведения о толстостенных сосудах, работающих под давлением

20.2. Общие сведения об изготовлении толстостенных сосудов, работающих под давлением

20.3. Изготовление многослойных сосудов, работающих под давлением

20.1. Общие сведения о толстостенных сосудах, работающих под давлением

Толстостенные сосуды ($s > 40$ мм) обычно сваривают из вальцованных или штампованных листовых заготовок,

свариваемых продольными и кольцевыми стыковыми швами. На рис. 20.1 изображена конструкция гидравлического баллона из стали 22К с толщиной стенок 150 мм. Соединения выполнены электрошлаковой сваркой. Угловые швы использованы только для крепления основания к нижнему днищу.

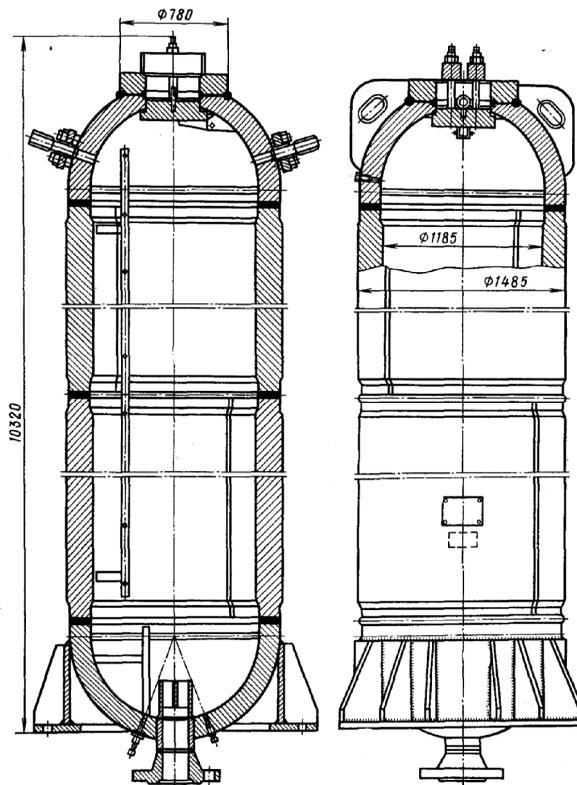


Рис. 20.1. Баллон гидравлический вместимостью 10 м³

Для котельных сосудов характерно большое число штуцеров, к которым стыковыми швами приваривают трубы. Как правило, днища делают выпуклыми с отбортовкой, обеспечивающей вывод сварных соединений из зоны действия значительных напряжений изгиба. Сосуды с внутренним диаметром менее 500 мм, например, камеры котлов, допускается изготавливать с плоскими днищами.

20.2. Общие сведения об изготовлении толстостенных сосудов, работающих под давлением

При изготовлении толстостенных сосудов широко используют электрошлаковую сварку, обеспечивающую надежное проплавление всего сечения за один проход. Продольные швы толстостенных обечаек, как правило, выполняют электрошлаковой сваркой. В зависимости от размеров сосуда листовую заготовку гнут в нагретом состоянии вдоль длинной или короткой кромки листа. В первом случае обечайка получается длинной и с меньшим числом кольцевых швов в сосуде. Однако для сосудов большого диаметра длина короткой кромки листа может оказаться недостаточной, тогда обечайку составляют из двух корыт с двумя продольными швами. Во втором случае обечайка получается более короткой, но с одним продольным швом. Второй прием представляется менее целесообразным, так как кольцевые швы более трудоемки по сравнению с продольными. Обечайку с одним продольным швом можно получить вальцовкой. Лист после обрезки нагревают до $1000...1050^{\circ}\text{C}$ и вальцуют до замыкания стыка, оставляя недовальцованными участки шириной $100...150$ мм (рис. 20.2). После остывания обечайки стык закрепляют приваркой скоб 1 и термической резкой вырезают зазор 2 под электрошлаковую сварку.

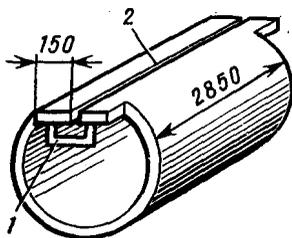


Рис. 20.2. Свальцованная обечайка с одним продольным стыком

Методом вальцовки трудно получить обечайки длиной более 3500 мм и толщиной стенок более 100 мм. Гибка на мощном прессе таких ограничений не имеет, особенно, если обечайка образуется из двух корыт. Сборку обечайки под электрошлаковую сварку в этом случае (рис. 20.3) выполняют с помощью скоб, а постоянства зазора в стыке достигают постановкой прокладок,

удаляемых перед сваркой. После приварки выходных планок и кармана для наведения шлаковой ванны собранную под сварку обечайку устанавливают вертикально. Если обечайка имеет два продольных шва, их целесообразно выполнять одновременно двумя сварочными аппаратами.

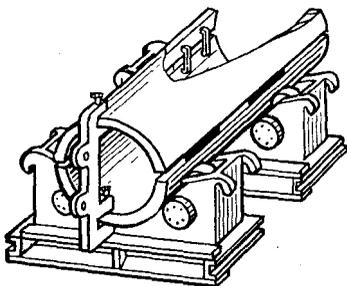


Рис. 20.3. Сборка обечайки с двумя продольными стыками

При сварке гнутых под прессом корыт обечайка получается достаточно правильной цилиндрической формы и последующая калибровка необязательна. Напротив, обечайки, получаемые вальцовкой, требуют, как правило, правки. Калибровку производят при температуре 1000...1050°С, а при охлаждении обечайки на воздухе она одновременно проходит процесс нормализации.

Кольцевые швы выполняют многослойной сваркой под флюсом или электрошлаковой сваркой в один проход. Полное проплавление при многослойной сварке обеспечивают укладкой в разделку с внешней стороны нескольких подварочных слоев 1 (рис. 20.4), зачисткой корня шва с помощью пневматического зубила или резака и наложением внутреннего подварочного шва 2. После этого производят многослойное заполнение внешней разделки 3.

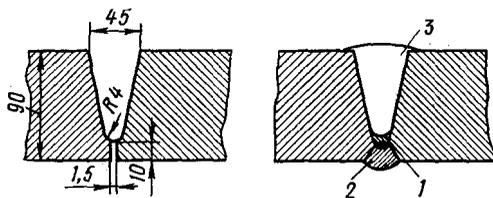


Рис. 20.4. Форма разделки кольцевого стыка под многослойную сварку

Сборка кольцевого шва под электрошлаковую сварку должна быть достаточно точной, так как местная деформация криволинейных кромок свыше 3 мм может привести к нарушению уплотнения и вытеканию шлаковой ванны. Поэтому перед сборкой обычно внешнюю и внутреннюю поверхности каждой из обечаек протачивают на ширину 70..100 мм от торца (рис. 20.5).

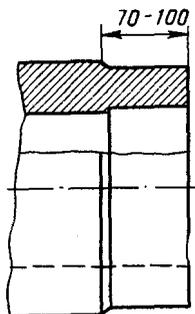


Рис. 20.5. Обработка торцов обечайки

Так же осуществляют подготовку стыка обечайки с днищем. Собирают стык с помощью планок, которые устанавливают «на ребро» поперек кольцевого шва и приваривают к поверхности обечаек. Если в качестве внутреннего формирующего устройства используют медные охлаждаемые подкладки, изогнутые по радиусу свариваемого изделия, то внутри обечайки дополнительно устанавливают скобы временного крепления. Подкладки 1 (рис. 20.6) заводят в отверстия скоб 2 и закрепляют клиньями 3 или винтовыми прижимами.

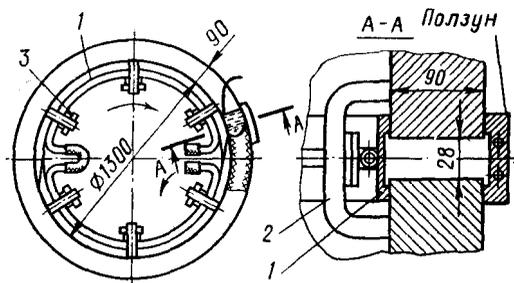


Рис. 20.6. Кольцевой стык, собранный под электрошлаковую сварку

Электрошлаковую сварку кольцевого шва начинают на вспомогательной пластинке, сваренной в зазор стыка (рис. 20.7, а). После сварки примерно половины окружности стыка (рис. 20.7, б) сварщик резаком удаляет из зазора начало шва до полного устранения непровара и придает торцу шва наклонный срез, облегчающий выполнение замыкания шва (замка) (рис. 20.7, в). Усадочную раковину либо выводят в специальный прилив в наружном ползуне или в медный кокиль, либо выплавляют и заваривают вручную.

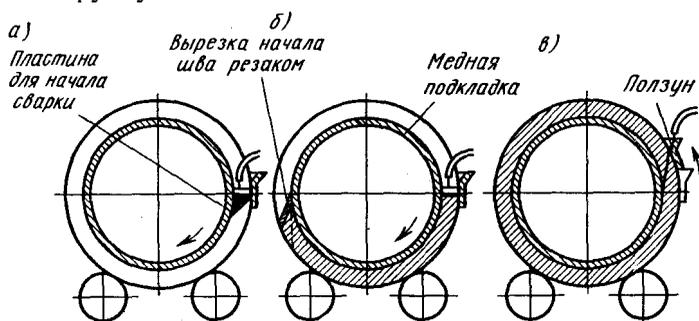


Рис. 20.7. Схема электрошлаковой сварки кольцевых швов

По завершении сварки корпуса сосуда вырезку отверстий для вварных штуцеров производят или механическим путем, или термической резкой. Особенно большой объем таких работ выполняется при изготовлении барабанов котлов и коллекторов. Чтобы сократить подгоночные работы на монтаже при сборке коллекторов и барабанов с блоками экранных труб, к точности установки штуцеров предъявляют жесткие требования. Приварку большого числа штуцеров необходимо автоматизировать. Применяемые для этой цели специализированные автоматы и полуавтоматы обычно центрируются по верхней части ввариваемого штуцера.

Варианты конструктивного оформления штуцеров с оболочками большой толщины разнообразны. Наиболее целесообразны те, которые позволяют получить надежное проплавление всей стенки штуцера, исключая возможность образования и роста трещины от непровара. Для этой цели можно использовать формующую подкладку, удаляемую после сварки (рис. 20.8).

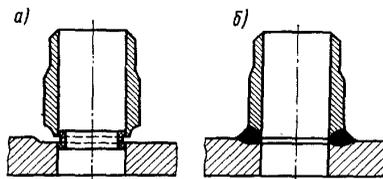


Рис. 20.8. Конструкция штуцерного соединения:
а — до сварки; б — после сварки шва

Другой вариант соединения показан на рис. 20.9. В оболочке 2 в центре установки трубчатого переходника сверлят центровочное отверстие d , в которое вставляют заготовку 1 переходника с разделкой кромок под сварку. После сварки просверливают отверстие диаметром D (рис. 20.9, а). Окончательно соединение имеет вид, показанный на рис. 20.9, б. В нем присутствует концентрация напряжений на внешней поверхности, но на внутренней полости отсутствует.

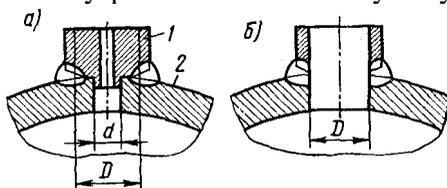


Рис. 20.9. Соединение штуцера с оболочкой с последующим удалением корня шва высверловкой

В конструкции парогенераторов входят газоплотные трубчатые панели. При использовании обычных труб сварку полос-перемычек осуществляют парными сварочными головками под флюсом сначала с одной стороны (рис. 20.10), а после кантовки — с другой.

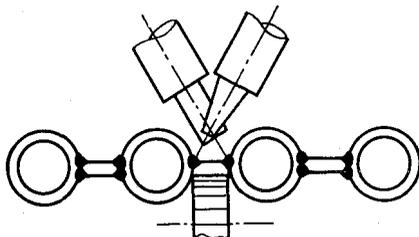


Рис. 20.10. Схема сварки полосы между гладкими трубами (подварочные швы)

Применение плавниковых труб позволяет сократить количество швов. Первый проход выполняют на охлаждаемом медном ползуне; второй - с другой стороны по ранее выполненному первому (рис 20.11, а, б).

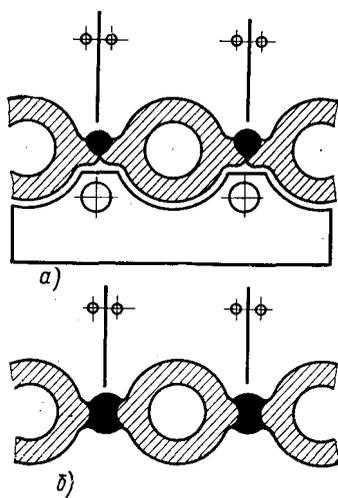


Рис. 20.11. Сварка газоплотных панелей из плавниковых труб

При изготовлении барабанов котлов, сосудов высокого давления и реакторов большое значение имеет термообработка. Полностью сваренный сосуд обычно подвергают высокому отпуску, однако иногда требуется нормализация для улучшения структуры зоны шва. В этом случае возникает опасность, что при нагреве до высоких температур (900...1000°С) могут возникнуть деформации от собственного веса, искажающие форму сосуда. Предотвратить эти деформации можно предварительной герметизацией готового сосуда и созданием в нем избыточного внутреннего давления углекислого газа 0,2...0,3 МПа. Это не только сохраняет форму сосуда, но и предотвращает образование окалины на его внутренней поверхности. Для термообработки обычно используют печи большого размера.

Если сосуд не может быть подвергнут термообработке целиком из-за отсутствия печи требуемого размера, а также из-за необходимости выполнения монтажных стыков, то применяют

местную или общую термообработку с использованием индукционных или иных нагревателей.

20.3. Изготовление многослойных сосудов, работающих под давлением

С ростом размеров сосудов и внутреннего давления требуемая толщина стенки достигает 200...400 мм. Наряду с технологическими трудностями изготовления столь толстостенных монолитных обечайек возрастает опасность их хрупкого разрушения. Поэтому такие сосуды изготавливают многослойными. Имеется три основных метода получения обечайек многослойных сосудов.

По первому способу предварительно собирают и сваривают продольными швами обечайки разного диаметра с толщиной стенки 20...50 мм. После зачистки усиления шва и калибровки обечайки последовательно надевают одна на другую до получения требуемой суммарной толщины. Для осуществления натяга между слоями насаживаемая обечайка перед посадкой нагревается до 600°С, что обеспечивает соприкосновение до 95% сопрягаемой поверхности. Для удобства сборки на торце обечайки на прихватках закрепляют направляющие планки 1 (рис. 20.12).

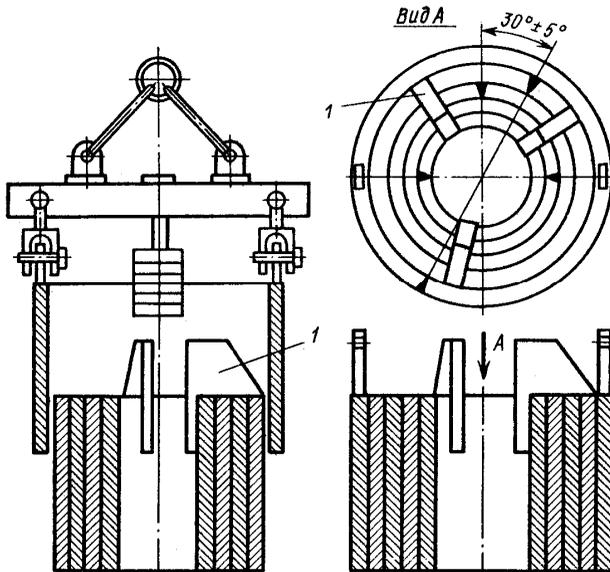


Рис. 20.12. Сборка многослойной обечайки

Второй способ состоит в том, что на внутреннюю обечайку толщиной 10...40 мм, изготовленную по обычной технологии (рис. 20.13, а), последовательно накладывают полуобечайки толщиной 5...8 мм (рис. 20.13, б), обтягивают их с помощью лент 1 и 2 от гидроцилиндров 3 (рис. 20.13, в) и сваривают продольными швами между собой (рис. 20.13, г). После зачистки швов последовательно накладывают следующие полуобечайки до нужной толщины.

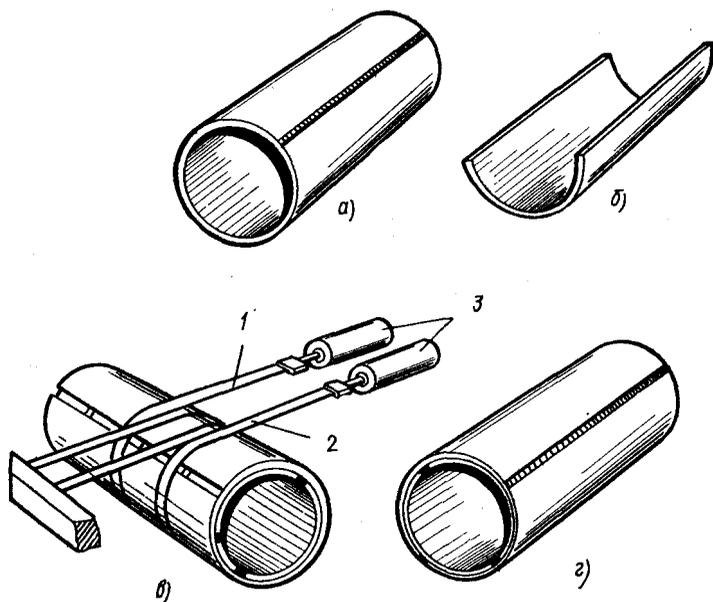


Рис. 20.13. Последовательность выполнения операций при изготовлении многослойной обечайки путем наложения двух изогнутых половин

В технологическом отношении наиболее целесообразным является изготовление многослойных обечаяк по третьему способу намоткой на основную обечайку толщиной 20...40 нескольких слоев рулонной стали толщиной 4...8 мм (рис. 20.14). В зависимости от рабочей среды центральная обечайка может быть двухслойной или из коррозионно-стойкой стали, слой наружной части корпуса — из низколегированной стали.

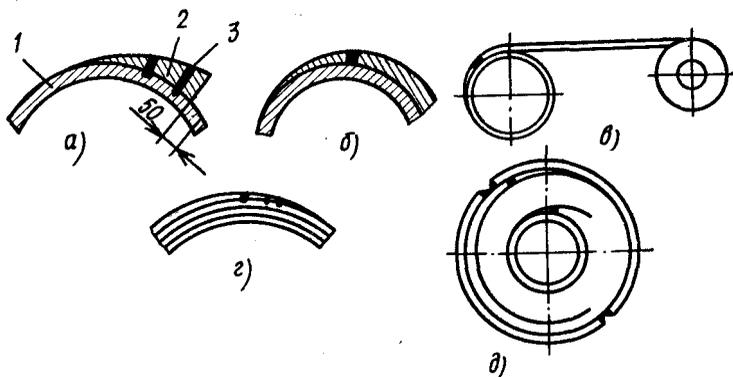


Рис. 20.14. Изготовление многослойной обечайки

Перед началом намотки к внутренней обечайке 1 (рис. 20.14, а) проплавными точками 3 приваривают клиновую вставку 2. К вставке стыковым швом приваривают кромку рулонной полосы (рис. 20.14, б). Далее производят намотку заданного количества слоев (рис. 20.14, в), отрезку рулонной полосы и закрепление конца на поверхности многослойной обечайки путем сварки стыкового шва с клиновой вставкой (рис. 20.14, г). Изготовление многослойной обечайки завершается накладкой двух полуобечайек облицовки и выполнением продольных швов (рис. 20.14, д).

Технологическая линия для изготовления многослойных рулонированных обечайек диаметром до 5 м состоит из разматывателя рулона, подающих вальцов правильной машины, машины для обрезки и сварки концов полосы, отклоняющих валков и машины для намотки обечайек.

Торцы многослойной обечайки протачивают и на них наплавляют слой металла толщиной не менее 10 мм, который механически обрабатывают для получения требуемой формы разделки кромок (рис. 20.15).

Кольцевые швы между обечайками, а также между обечайкой и днищем или фланцем выполняют многослойными. Кромки монолитных днищ и фланцев из сталей 22Х3М или 20Х2МА также подвергают предварительной наплавке с целью исключения необходимости термической обработки после сварки кольцевых швов.

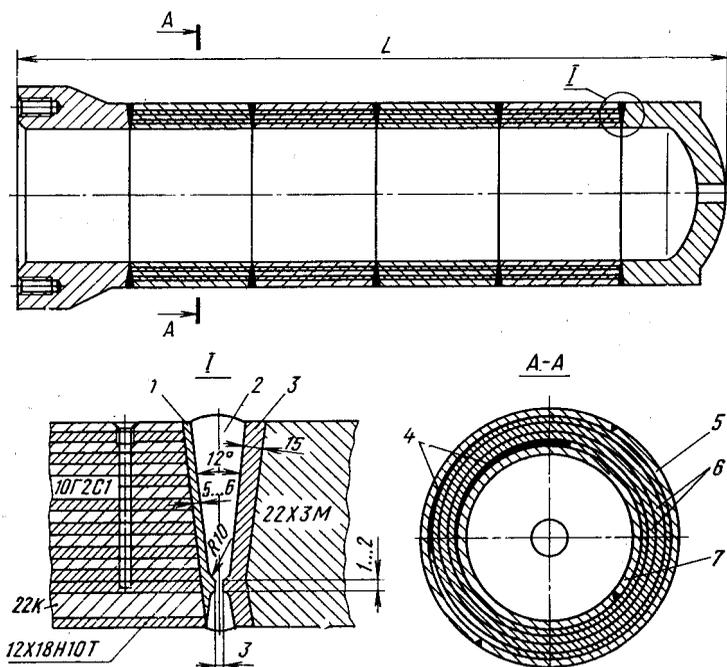


Рис. 20.15. Конструкция многослойного сосуда высокого давления:

1, 3 — наплавка на кромку; 2 — многослойный кольцевой шов; 4 — клиновидные вставки; 5 — облицовочная обечайка; 6 — спиральные слои; 7 — центральная обечайка

Сварочные напряжения в этих швах в значительной степени снимаются при обязательном приемочном испытании готового сосуда в результате нагружения внутренним давлением, превышающим рабочее.

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности изготовления толстостенных сварных сосудов?
2. Из каких соображений применяют многослойные сосуды, каков прием их изготовления?

Лекция № 21

Технология изготовления сварных труб

План:

- 21.1. Общие сведения об изготовлении сварных труб
- 21.2. Технология изготовления прямошовных труб
- 21.3. Технология изготовления спирально-шовных труб
- 21.4. Технология изготовления труб сваркой токами высокой частоты
- 21.5. Технология изготовления плоскосворачиваемых труб

21.1. Общие сведения об изготовлении сварных труб

На изготовление труб расходуют около 10% всего мирового производства стали, причем доля выпуска сварных труб составляет более половины всего их производства и продолжает возрастать. Трубы большого диаметра (более 500 мм) выпускаются только сварными. Серийный характер производства, большая протяженность швов и сравнительно простая форма изделия позволяют эффективно использовать прогрессивные методы сварки и полностью механизировать весь процесс изготовления труб. В условиях крупносерийного производства, используя различные методы сварки, выпускают сварные трубы с внешним диаметром 6...1420 мм. Трубы диаметром 6...529 мм изготавливают из рулонного материала с прямым швом, а трубы больших диаметров из рулонного материала со спиральным швом или из отдельных листов с прямыми швами.

Трубы для магистральных трубопроводов выполняют дуговой сваркой под флюсом. Шов располагают либо по образующей, либо по спирали. Из-за ограниченной ширины листов прямошовные трубы диаметром до 820 мм сваривают одним продольным швом, при большем диаметре — двумя. За рубежом используют листы большей ширины, что позволяет выпускать трубы диаметром 1420 мм с одним швом.

21.2. Технология изготовления прямошовных труб

Сварку прямошовных трубы длиной 12 м и диаметром до 1220 мм выполняют с двух сторон, причем наружный шов укладывают первым на стане проходного типа. Перед станом подъемными кантовальными роликами заготовку 2 устанавливают разъемом вверх по оси направляющего ножа (рис. 21.1).

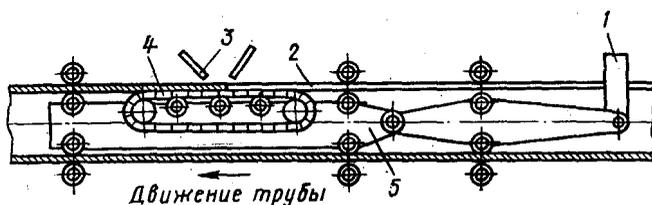


Рис. 21.1. Схема сварки наружного шва трубы на стане проходного типа

Проходя стан, трубная заготовка 2 надвигается на оправку 5, подвешенную к направляющему ножу 1 и опирающуюся роликами на внутреннюю поверхность трубы. Движение трубы обеспечивается приводными горизонтальными валиками стана, причем щель между кромками по мере продвижения заготовки сужается вследствие бокового давления вертикальных неприводных валков, и в зоне сварки 3 зазор отсутствует. Вытекание сварочной ванны предотвращают установленным на раме оправки гусеничным башмаком 4 — замкнутой лентой из шарнирно скрепленных пластин с медными накладками. Движение трубы увлекает ленту и под сварочной ванной всегда находится свежая пластина охлажденная сжатым воздухом. Сварку под флюсом производят двумя дугами, горящими в одной сварочной ванне, что обеспечивает хорошее формирование шва при скорости сварки 170..190 м/ч и толщине стенок 12 мм. Для уменьшения размера кратера концевые участки швов длиной 150...220 мм выполняют одной дугой при одновременном снижении скорости сварки. Потеря на обрезку концов труб в этом случае невелика. К установке для сварки внутреннего шва труба поступает по рольгангу и подается внутрь подвижных люлек, поднимающих и поворачивающих трубу швом вниз. Люльки смонтированы на подвижной тележке, с помощью которой труба надвигается на сварочную головку, прикрепленную к штанге длиной 12 м.

Трубы с двумя продольными швами собирают из двух предварительно отформованных корыт, подаваемых укладчиком на две параллельные нитки входных рольгангов сборочного устройства. Кромки заготовок выравнивающим приспособлением устанавливаются в одной горизонтальной плоскости и в таком

положении корыта рольгангами подаются в раскрытое сборочное устройство (рис. 21.2, а).

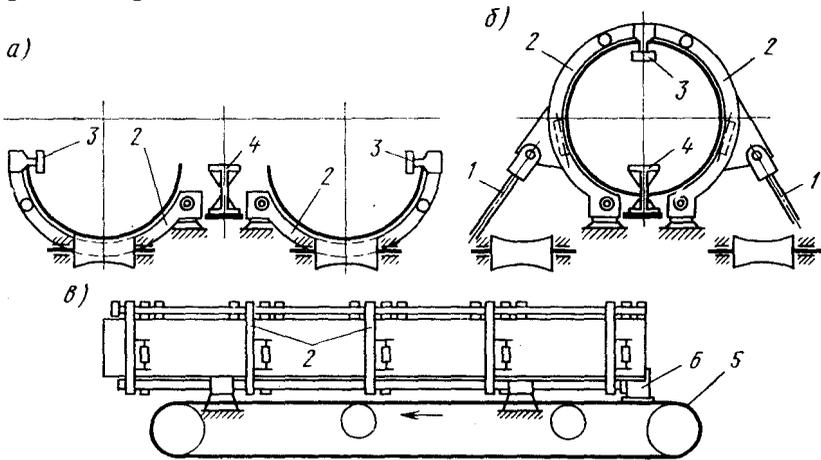


Рис. 21.2. Устройство для сборки труб из двух корыт

Штоки пневмоцилиндров 1 (рис. 21.2, б), поворачивая рычаги 2, устанавливают заготовки в исходное для подачи в сварочный стан положение. Зазор между заготовками задается деталями 3 и 4. Подача собранной трубы в сварочный стан осуществляется упором 6 цепного заталкивателя 5 со скоростью, несколько превышающей скорость сварки, чтобы догнать предыдущую трубу (рис. 21.2, в). При этом направляющий нож стана попадает в зазор между кромками корыт, направляя стык к сварочной головке. Когда труба захватывается горизонтальными приводными валками сварочного стана, цепной заталкиватель выключается и возвращается в исходное положение. Сваренная первым наружным швом заготовка поворачивается разъемом вверх и по рольгангу поступает на стан для сварки второго наружного шва. Затем последовательно, аналогично одношовным трубам, выполняются и оба внутренних шва. После контроля и устранения дефектов трубы с прямым швом подвергают правке для обеспечения требуемой формы поперечного сечения и допуска на диаметр. Для этого на длине 300 мм снимают внутреннее усиление шва и осуществляют раздачу в пресс-расширителе (эспандере). Для этого трубу 1 заключают в толстостенную матрицу 2, в которую вводят конусные заглушки 3, уплотняющие и калибрующие ее концы (рис. 21.3).

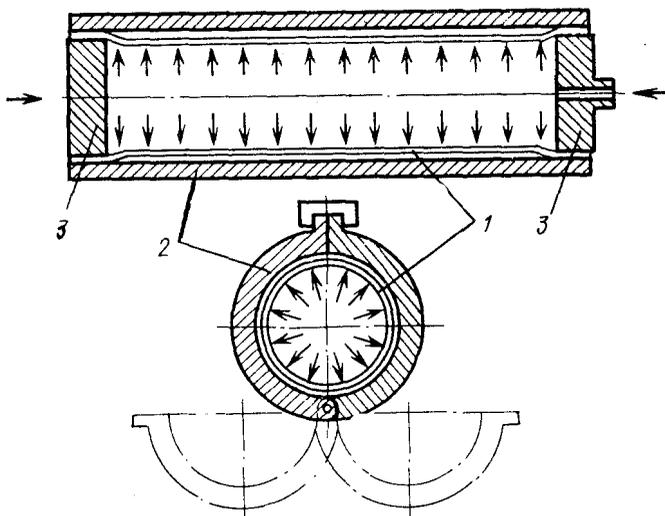


Рис. 21.3. Эспандирование труб на прессе-расширителе

Внутренним гидравлическим давлением диаметр трубы увеличивается на 1,0...1,2%, чем достигается правка трубы по всей длине и калибровка её по диаметру. Затем давление снижают до испытательного уровня и дают выдержку около 30с с одновременным разовым обстукиванием трубы молотками, закрепленными на траверсе.

Технология изготовления 12-метровых прямошовных труб диаметром 1220...1620 мм отличается последовательностью выполнения швов, приемами формовки и калибровки труб, а также организацией контроля качества.

Формовка полуцилиндрических заготовок происходит в роликах семиклетьевого стана, откуда они попарно поступают на сборку и прихватку технологическими швами, выполняемыми либо токами высокой частоты, либо в среде CO_2 в одном из двух агрегатов, установленных параллельно друг другу.

После визуального контроля технологических швов и приварки технологических планок трубы поступают на сварку внутренних рабочих швов. Сварку осуществляют трехдуговым аппаратом А-1448, слежение за направлением электродов по стыку производится автоматически или визуальным путем совмещения вертикальной линии «креста» на экране телевизора с риской на внутренней поверхности трубы. Станы для

выполнения наружных рабочих швов отличаются только расположением сварочного аппарата; за положением электродов относительно стыка сварщик следит с помощью светоуказателя.

Все предварительно охлажденные водой трубы проходят ультразвуковой контроль наружных и внутренних рабочих швов с отметкой дефектных мест краской.

При наличии таких отметок труба направляется на рентгенотелевизионную установку для расшифровки. Калибровку осуществляют гидромеханическим эспандером (рис. 21.4).

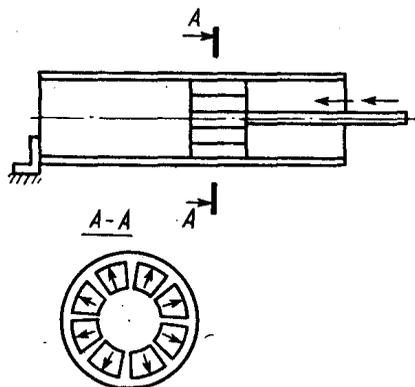


Рис. 21.4. Гидромеханическое эспандирование

Для этого трубу шагами надвигают на калибровочную головку эспандера, обеспечивая механическую раздачу каждого участка трубы до заданного диаметра. Откалиброванные трубы проходят гидроиспытание внутренним давлением, а затем контролируются повторно ультразвуком с целью выявления дефектов, появившихся в процессе калибровки и гидроиспытаний.

21.3. Технология изготовления спирально-шовных труб

Сборка и сварка рулонной стали спиральным швом позволяют получить любой диаметр трубы независимо от ширины полосы. При использовании этого метода процесс изготовления идет непрерывно, обеспечивая требуемую точность размера и формы трубы без последующей калибровки (рис. 21.5).

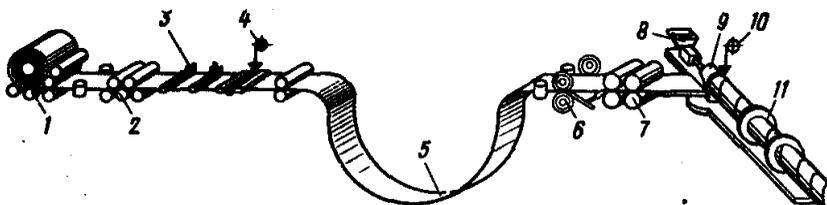


Рис. 21.5. Схема технологического процесса производства спирально-шовных труб

Полоса из рулона 1 проходит правильные вальцы 2 и накапливается в компенсационной петле, обеспечивая непрерывность выполнения спирального шва при обрезке концов полос гильотинными ножницами 3, а также при сборке и сварке их стыка на установке 4. После компенсационной петли лента движется со сварочной скоростью, определяемой вращением толкающих валиков 7. С помощью парных дисковых ножей 6 обрезают продольные кромки под сварку. Настройку стана на требуемый диаметр трубы производят разворотом формовочной машины и выходного моста, перемещая их на катках по криволинейным рельсовым путям. Сворачивание полосы в трубу осуществляют заталкиванием ее в формовочное устройство 9. Спиральный шов выполняется сваркой под флюсом тремя сварочными головками. Две из них крепятся на общей штанге 8, вводимой внутрь трубы, третья головка 10 расположена снаружи. Первый внутренний шов, приваривающий кромку полосы к сформованной трубе, имеет малую площадь сечения и является технологическим. Его назначение — устранить возможность взаимного перемещения кромок и предотвратить вытекание сварочной ванны при сварке наружного рабочего шва. Внутренний рабочий шов варит двухэлектродная головка, обеспечивая хорошее формирование и полный переплав технологического шва. Такая технология позволяет гарантировать отсутствие кристаллизационных трещин при сварке низколегированных сталей со скоростью до 110 м/ч. Выходящая из стана непрерывная труба летучим устройством 11 разрезается на трубы мерной длины.

Процесс изготовления спирально-шовных труб большого диаметра 530...1420 мм является более совершенным. Наличие летучего устройства, обеспечивающего механизацию обрезки,

сборки и сварки концов полос, позволило обойтись без компенсационной петли.

Конец полосы 1 и начало полосы 2 последовательно проходят обрезку на ножницах I (рис. 21.6, а) и закрепляются прижимами калибровочных ножниц II. После выполнения одновременного калибровочного реза концов обеих полос передвижением суппорта III до упора (рис. 21.6, б) задняя кромка полосы 1 устанавливается по оси канавки подкладки сварочной установки.

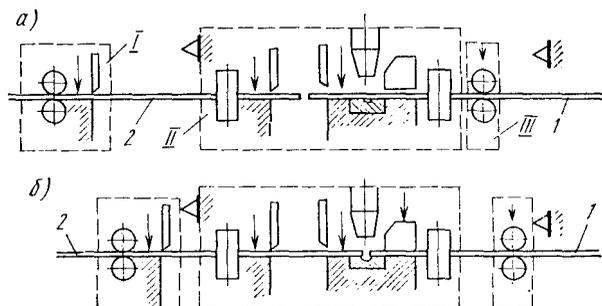


Рис. 21.6. Схема летучего агрегата для сборки и сварки концов рулонов

Соответственно перемещением до упора гильотинных ножниц I передняя кромка полосы 2 подается в сварочную установку. При этом обеспечивается требуемый зазор в стыке. Концы полос зажимаются и свариваются. При выполнении всех этих операций агрегат движется вместе с полосой, а затем отпускает ее и возвращается в исходное положение. Общая схема расположения оборудования на участке формовки, сборки и сварки трубы показана на рис. 21.7.

После обрезки продольных кромок дисковыми ножами 1 полоса центрируется роликами 4 и калибруется по ширине под сварку фрезами 2 с удалением стружки обдувкой воздухом из сопла 3. Заталкивающие валики подают полосу в формирующее устройство 6 с обоймами роликов, работающих по схеме трехвалковых гибочных вальцов, что обеспечивает правильную форму трубы и ее сборку с плоской полосой без смещения кромок. Однако смещение отсутствует только в том случае, если кромки стыка собираются с зазором, обеспечивающим свободу перемещения каждой из них. Для качественного выполнения шва

также желателен зазор, но при условии жесткого допуска на его размер, который фиксируется специальным датчиком в виде роликов, перекатывающих по стыкуемым кромкам. В случае отклонения от заданного допуска автоматически включается механизм перемещения люнета 7, задающего поворот вокруг оси 8 всего устройства, поддерживающего сформованную часть трубы. Датчик положения кромок одновременно используют для направления по шву сварочной головки, накладывающей технологический прихватный шов. Рабочие швы выполняются при визуальной коррекции направления сварочных головок по стыку. В процессе выполнения спирального шва осуществляется непрерывный ультразвуковой контроль. Места обнаруженных дефектов автоматически маркируются краской.

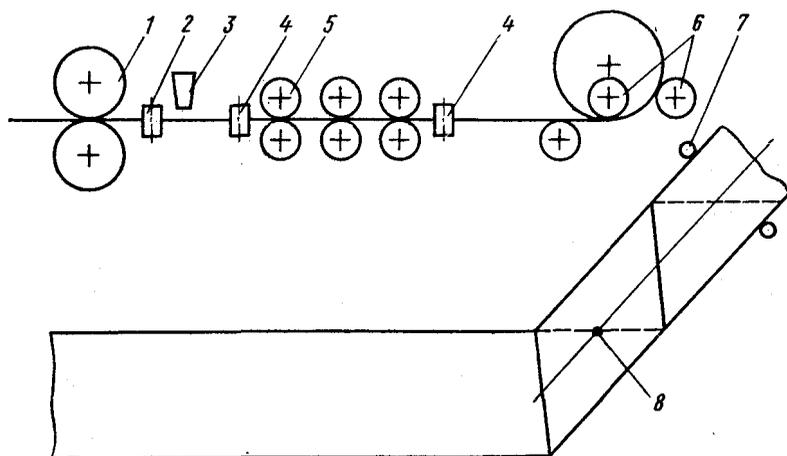


Рис. 21.7. Схема расположения оборудования на участке формовки, сборки и сварки трубы

При увеличении диаметра труб, используемых при укладке магистральных трубопроводов, приходится увеличивать толщину стенки. Толщина полос рулонной стали обычно не превышает 14 мм.

Поэтому спирально-шовные трубы диаметром 1420 мм и более изготавливают из отдельных листов либо в два слоя из рулонной стали.

Непрерывный процесс изготовления спирально-шовных труб диаметром до 2520 мм из отдельных листов осуществляют на специальном стане. Листы по одному подаются на рольганг листоукладчиком, центрируются и поступают на участок фрезеровки торцов (рис. 21.8), где каждая пара кромок, подлежащих стыковке, обрабатывается одновременно.

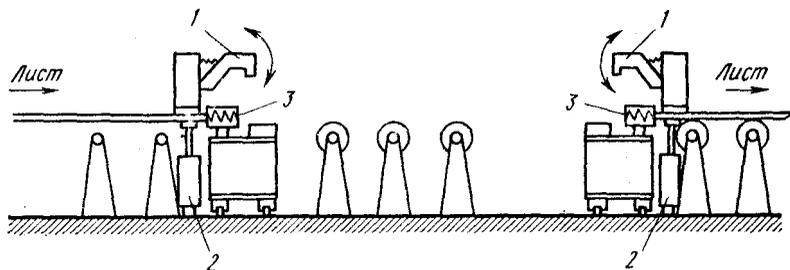


Рис. 21.8. Схема участка фрезерования кромок

Кромки фиксируются откидными упорами 1 и зажимами 2 и обрабатываются фрезами 3. Затем листы подаются к неподвижной сварочной установке (рис. 21.9).

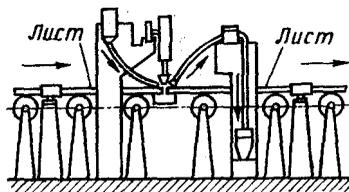


Рис. 21.9. Схема сварки двух листов

Здесь производятся сборка и сварка стыка между ними на медной подкладке под флюсом с постановкой заходных технологических планок. После этого карта из двух листов рольгангом подается на летучую сварочную установку (рис. 21.10), предназначенную для сборки и сварки стыков между картой и концом непрерывной полосы.

В процессе выполнения операции летучая установка движется вместе с концом полосы, причем секции рольганга, поддерживающего полосу, автоматически опрокидываются, пропуская ее, поднимаются вновь для поддержания

привариваемой карты. Затем специальный механизм отламывает технологические планки и непрерывная полоса проходит те же операции обработки продольных кромок под сварку, формовки трубы двусторонней сварки спирального шва, его контроля и резки на мерные части.

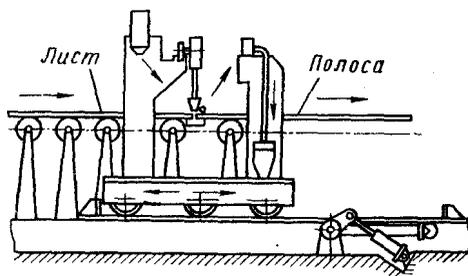


Рис. 21.10. Схема приварки карты к непрерывной ленте

Изготовление спирально-шовных труб в два слоя осуществляется на специальном стане (рис. 21.11, а). Две последовательно расположенные линии подготовки полосовой рулонной стали отличаются только расположением скоса кромок (верхние в нижние) под спиральные швы, а также различием в технологии выполнения поперечных стыков полос из-за необходимости плотного прилегания слоев друг к другу и возможности подварки стыка наружного слоя для образования трубы. Так, в линии, формирующей наружный слой трубы, необходимо удалять усиление шва, тогда как провар всей толщины не обязателен. Напротив, во второй линии проплавление всей толщины необходимо, а удалять усиление шва не требуется. После компенсационной петли обе полосы заталкиваются в формирующее устройство таким образом, чтобы спиральные стыки наружного и внутреннего слоев оказались сдвинутыми на шаг, равный 100 мм; каждый из швов выполняется как бы на подкладке (рис. 21.11, а). Сварка их на стане осуществляется технологическими швами в среде CO_2 . Рабочие швы выполняют после разрезки непрерывной трубы на отдельном рабочем месте (рис. 21.11, б) под флюсом двумя дугами с полным переплавом технологических швов. Затем у каждого конца трубы накладывают кольцевой шов, устраняющий зазор между слоями с

последующей обработкой торца и снятием фаски кромки трубы (рис. 21.11, в).

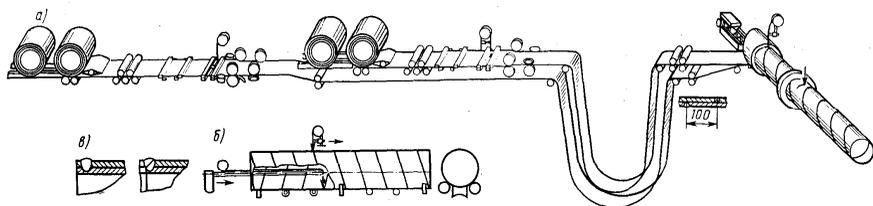


Рис. 21.11. Схема изготовления двухслойных труб со спиральным швом:

а – схема линии стана; б – схема выполнения рабочих швов; в – устранение зазора между слоями по концам труб

21.4. Технология изготовления труб сваркой токами высокой частоты

В последние годы для изготовления труб диаметром 8...529 мм и более с толщиной стенки 0,3...10 мм все шире используют сварку токами высокой частоты. Высокочастотная сварка обеспечивает значительно более высокие скорости сварки (до 120 м/мин); возможность изготовления труб из сталей, цветных металлов и сплавов; использование горячекатаной не травленной ленты; значительное уменьшение расхода электроэнергии на производство 1 т готовых труб. Кроме того, при высокочастотной сварке одно и то же оборудование можно использовать для изготовления труб из разных материалов.

При контактном подводе тока (рис. 21.12, а) необходимость смены контактов 1 вследствие их износа заставляет периодически останавливать стан. Более перспективен индукционный подвод энергии кольцевым индуктором 2 (рис. 21.12. б).

В этом случае для уменьшения потерь энергии в результате прохождения тока по телу заготовки внутрь трубы 1 вводят магнитный сердечник 3, который изменяет сопротивление так, что почти весь сварочный ток 4 направляется по свариваемым кромкам.

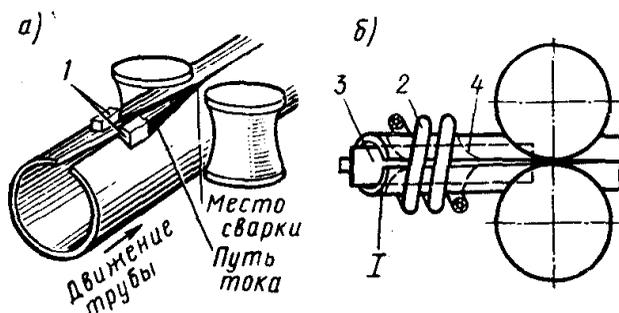


Рис. 21.12. Схема контактной сварки труб токами высокой частоты:

а—при контактном подводе тока; б—при индукционном подводе тока

Высокие скорости процесса при сварке труб ТВЧ затрудняют разрезку непрерывной трубы на мерные длины обычными методами. Этой цели достигают разогревом узкой зоны кольцевым индуктором 1 (рис. 21.13, а) с последующим отрывом отделяемой трубы (рис. 21.13, б).

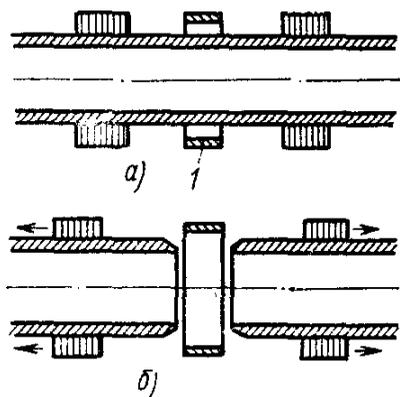


Рис. 21.13. Схема разрыва труб с индукционным нагревом

Контактную сварку ТВЧ используют также при изготовлении труб с продольными или со спиральными ребрами (рис. 21.14).

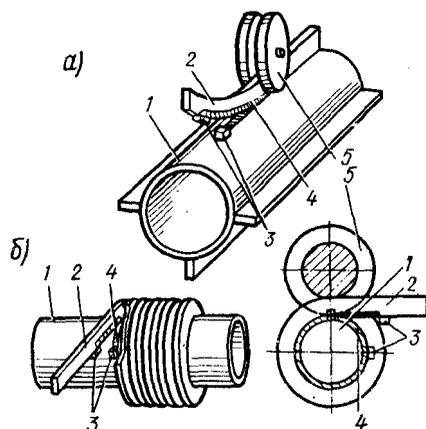


Рис. 21.14. Приварка ребер к трубам с помощью контактной сварки ТВЧ:

1—труба; 2— ребро; 3 — токоподводящие контакты; 4 — путь тока; 5 — прижимной ролик

21.5. Технология изготовления плосковорачиваемых труб

Схема изготовления плосковорачиваемых труб, нашедших применение при прокладке промышленных и газосборных трубопроводов, показана на рис. 21.15, а.

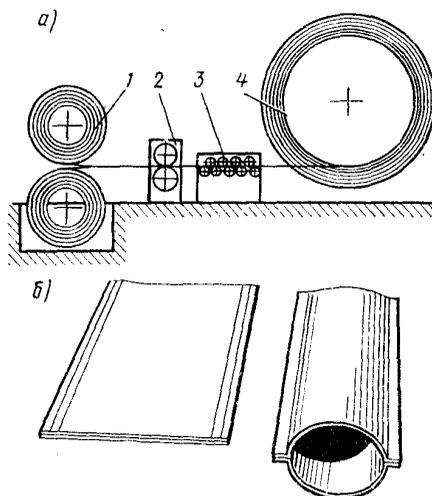


Рис. 21.15. Плосковорачиваемые трубы:

а — схема изготовления; б — вид трубы до и после раздутия

Две стальные ленты накладываются одна на другую и свариваются двумя продольными швами на контактной машине 2 для шовной сварки. По мере сварки трубная заготовка проходит правильное устройство 3 и свертывается в рулон 4. Контроль плотности швов готовой свернутой в рулон трубы производится присоединением к одному из концов трубы сети сжатого воздуха. Рулон закрепляют в жесткой обойме, предотвращающей его разворачивание или раздутие трубы. Показание манометра, присоединяемого к другому, предварительно заглушенному концу трубы, позволяет установить наличие неплотностей. Такие трубы могут иметь толщину стенок до 4 мм, диаметр до 300...400 мм и длину до 250...300 м. На месте укладки трубопровода рулон разматывают и трубу раздувают (рис. 21.15, б). Отдельные плети соединяют друг с другом либо сваркой плоских концов труб до их раздутия, либо с помощью фланцевых соединений.

Контрольные вопросы:

1. Чем отличается технология изготовления прямошовных труб в зависимости от диаметра труб?
2. Каковы особенности сборочно-сварочных операций при изготовлении спирально-шовных труб большого диаметра из рулонной стали?
3. Какие агрегаты входят в состав линии изготовления спирально-шовных труб большого диаметра из рулонной стали?
4. В чем своеобразие линии изготовления спирально-шовных труб из отдельных листов?
5. Какова схема линии изготовления двухслойных труб большого диаметра со спиральными швами?

Лекция № 22

Сварка стыков труб и трубопроводов

План:

- 22.1. Выполнение стыков магистральных трубопроводов
- 22.2. Выполнение стыков заводских трубопроводов

22.1. Выполнение стыков магистральных трубопроводов

При строительстве магистральных трубопроводов приходится собирать и сваривать множество стыков труб

большого диаметра. Укладка трубопроводов может быть либо непрерывной, либо секционной. В первом случае производят последовательное наращивание, причем все стыки выполняют без вращения труб. Во втором случае первоначально сваривают секции, вращая при этом трубы, а затем на трассе стыки выполняют без вращения.

Сборка стыков труб является важнейшей операцией, во многом определяющей качество сварки. При сборке необходимо обеспечить соосность труб, достаточно точное совпадение свариваемых кромок и равномерный зазор в стыке, позволяющий проварить корень шва по всему периметру. Для этой цели применяют центраторы внутренние или наружные. Применение внутренних центраторов позволяет механизировать операцию сборки более полно. Кроме того, собранный стык оказывается целиком доступным для сварки, и корневой шов можно выполнять от начала до конца без остановок и прихваток. Для внутреннего центратора используют механизм типа «зонтик» с радиальным приложением сил к кромкам труб (рис. 22.1).

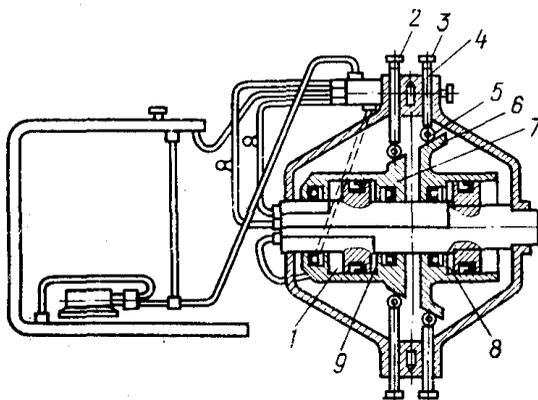


Рис. 22.1. Схема внутреннего центратора

Два ряда центрирующих элементов 2 и 3 могут разжиматься независимо, а сжиматься — одновременно. Последовательное разжатие заднего и переднего рядов центрирующих элементов 2 и 3 достигается подачей масла под давлением в полости 8 и 1. При это движение каждого из конусов 6 и 7 через ролики 5 и жимки 4 передаются башмакам, которые непосредственно соприкасаются с поверхностями собираемых труб и обеспечивают их центровку.

Для освобождения стыка после сборки и прихватки масло подается в полость 9, обеспечивая одновременный отвод центрирующих элементов обоих рядов. Центратор внутрь трубы обычно вводят с помощью штанги. При использовании центратора в качестве вращателя штангу закрепляют в подшипниках и сообщают ей вращательное движение.

При сборке и сварке секций на полевых базах используют механизированные трубосварочные линии типа МТЛ (рис. 22.2).

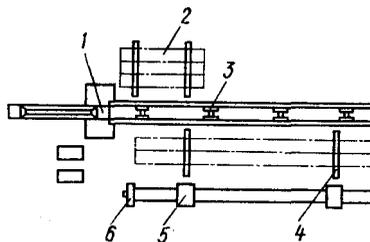


Рис. 22.2. Линия МТЛ для наружной сварки поворотных стыков

Трубы с накопителя 2 поочередно манипулятором укладывают на рольганг 3. Сборку выполняют с помощью гидравлического внутреннего центратора 1, закрепленного штангой и используемого в качестве вращателя. Первая труба рольгангом 3 надвигается на центратор так, чтобы ее торец располагался на расстоянии 15...20 мм от ряда жимков центратора, которые при разжатии фиксируют ее в этом положении. Вторая труба подается рольгангом 3 до соприкосновения с первой и фиксируется разжатием второго ряда жимков центратора, чем достигается центровка стыка. Сцентрированные трубы приподнимаются над роликами продольного перемещения и при вращении трубы два сварщика одновременно выполняют корневой шов полуавтоматами в среде CO_2 или ручной дуговой сваркой. Сваренная первым слоем двухтрубная секция подается рольгангом вправо, на ее место на центратор надвигается третья труба, и цикл сборки стыка и сварки первого слоя повторяется. После этого собранная трехтрубная секция перегружателем подается на промежуточный стеллаж 4, а затем на второй стенд, где стыки окончательно сваривают автоматами 5 под флюсом с помощью торцового вращателя 6.

Поворотные стыки труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки до 17 мм необходимо выполнять двусторонней сваркой. Торцы труб проходят механическую обработку с одновременным нанесением риски на внутренней поверхности для автоматического направления внутренней сварочной головки по стыку. Сборку выполняют с помощью самоходного центратора, вращение обеспечивается поворотными роликами стенда. Сначала сваривают наружные швы 1 и 2, затем внутренний шов 3 (рис. 22.3). Автоматическую сварку швов внутреннего шва под флюсом выполняет оператор, который наблюдает за процессом по приборам.

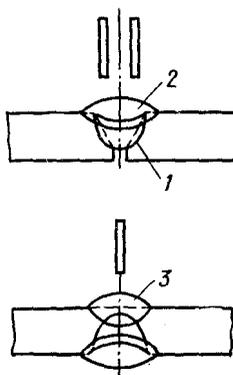


Рис. 22.3. Схемы наложения швов

Выполнение неповоротных стыков магистральных трубопроводов большого диаметра весьма трудоемко. Использование трубоукладчиков и внутренних гидравлических центраторов обеспечивает механизацию процесса сборки, однако значительный объем сварочных работ по-прежнему выполняется вручную.

Для ускорения темпа укладки трубопроводов процесс сварки расчлняют на ряд последовательных операций. При поточно-расчлененном методе одновременно работают звено сборщиков и несколько звеньев сварщиков. Так, применительно к укладке трубопровода диаметром 1420 мм каждый из четырех сварщиков звена выполняет только свой определенный участок слоя. Два сварщика с лестниц-стремянков ведут сварку верхней полуокружности трубы, а два других сваривают нижнюю полуокружность трубы. Впереди движется звено сборщиков-сварщиков, собирающее стыки с помощью внутреннего

центратора. Это же звено выполняет сварку корневого шва методом опирания электрода на кромки без колебательных движений, что обеспечивает образование обратного валика, исключающего необходимость подварки корня шва внутри трубы. Последующие слои выполняют с поперечными колебаниями электрода.

По сравнению с дуговой сваркой существенное повышение производительности дает использование контактной сварки труб оплавлением, когда соединение одновременно по всему периметру стыка выполняется специальным устройством без применения ручного труда. Внутритрубная машина для сборки и сварки неповоротных стыков трубопровода диаметром 1420 м показана на рис 22.4.

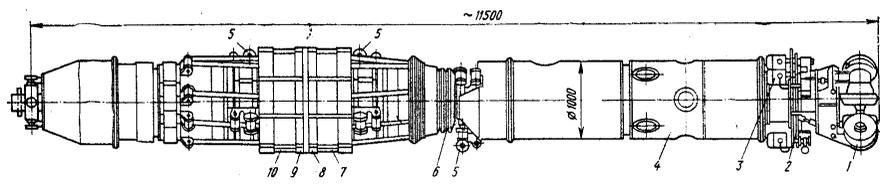


Рис. 22.4. Внутритрубная машина для сборки и сварки магистральных трубопроводов большого диаметра

Механизм передвижения 1, гратосниматель 2 в электродвигателе 3 с насосной установкой 4 смонтированы в заднем блоке, соединенном с передней сварочной частью шарниром, закрытым кожухом 6. Ходовая часть состоит из приводных роликов, расположенных по окружности и прижимаемых к внутренней поверхности трубы для создания тягового усилия. Поддерживающие ролики 5 равномерно расположены по длине. Маршевая скорость машины составляет 28 м/мин, установочная — 1 м/мин. Внутритрубный центратор с двумя распорными патронами 7 и 10 создает суммарное радиальное усилие 10...14 МН, что обеспечивает передачу усилия осадки при сварке до 4 МН. Внутренний кольцевой сварочный трансформатор имеет контактные губки 8, 9, закрепленные в разных патронах центратора. Контактная сварка оплавлением осуществляется автоматически по заданной программе. Схема сборки неповоротных стыков с использованием описанной внутритрубной машины показана на рис. 22.5

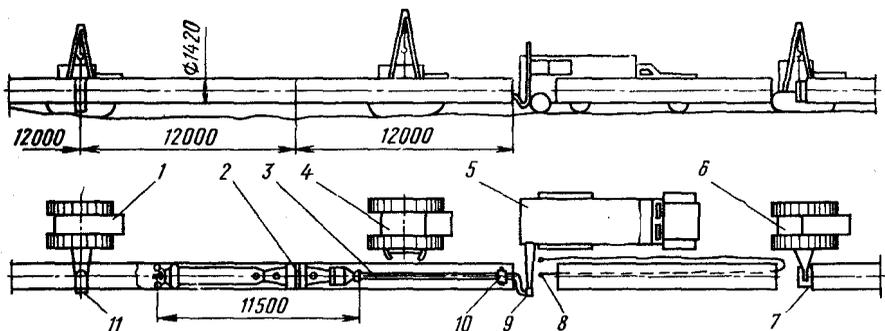


Рис. 22.5. Схема сборки и сварки магистрального трубопровода с помощью внутритрубной машины:

1 — трактор с подъемной стрелой; 2 — внутритрубная сварочная машина; 3 — штанга; 4 — трубоукладчик; 5 — передвижная электростанция; 6 — трактор с подъемником; 7 — подвесная машина для зачистки внутренних поверхностей труб под контакты; 8 — кабель-удлинитель; 9 — кабель; 10 — штепсельный разъем; 11 — индуктор для термообработки стыков

Производительность агрегата составляет шесть стыков в час. Широкое использование таких машин позволит обеспечить комплексную механизацию сборочно-сварочных работ при укладке магистральных трубопроводов большого диаметра.

22.2. Выполнение стыков заводских трубопроводов

Очень много стыков труб приходится выполнять при сооружении нефтяных, химических и металлургических заводов. Современный нефтеперерабатывающий завод может иметь длину 500...600 км обвязочных и 1500...1600 км межцеховых трубопроводов. Такие трубопроводы имеют большое количество вварных деталей. В среднем на 10 м обвязочного трубопровода приходится устанавливать две задвижки, четыре фланца, два угольника, сваривать до десяти стыков, вваривать два штуцера. Часть вварных деталей также изготавливают с помощью сварки. Межцеховые трубопроводы отличаются от обвязочных большим диаметром труб и меньшим количеством привариваемых деталей.

Сборку и сварку большинства стыков заводских трубопроводов обычно выполняют в трубозаготовительных цехах,

а на монтаже сваривают только стыки, соединяющие готовые секции или узлы.

В условиях цеха трубы со склада направляют в заготовительное отделение, где их обрезают и скашивают кромки. Затем трубы подают на сборку, куда поступают и готовые детали (отводы, тройники, фланцы, переходы и др.). Сборку узлов производят на столах-стендах, оснащенных приспособлениями, позволяющими собирать элементы в определенном диапазоне размеров.

Разделение элементов на группы по типоразмерам позволяет выделить из технологического процесса значительную часть операций с большими партиями однотипных деталей и организовать производство узлов в специализированных поточных линиях. В таких линиях собирают и сваривают отдельные подузлы (рис. 22.6), например, трубу с фланцем или угольником, затем эти подузлы поступают на укрупнительную, а потом окончательную сборку готовых узлов.

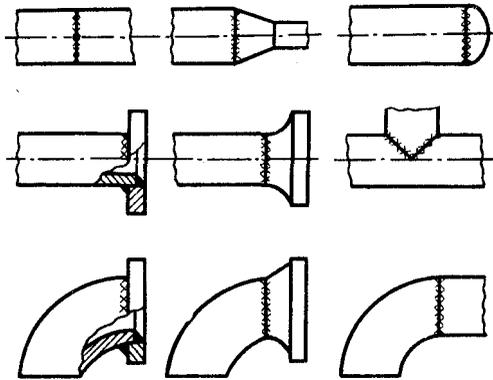


Рис. 22.6. Типы сварных узлов заводских трубопроводов

В крупных трубозаготовительных цехах при выпуске больших партий узлов одинаковых размеров используют специализированные установки дуговой автоматической сварки, а также применяют контактную сварку стыковых соединений.

Неповоротные монтажные стыки труб сваривают вручную или специальными автоматами в среде защитных газов. Использование автоматических головок, оббегающих стык, необходимо для выполнения труднодоступных швов.

При изготовлении монтажных стыков ответственных трубопроводов их сборка под сварку автоматической головкой, обегаящей стык, выполняется обычно с помощью специального центризатора, исключающего необходимость прихваток

В нефтяной и химической промышленности применяют трубы из специальных сталей, цветных металлов и их сплавов, предназначенные для работы при высоких давлениях и в агрессивных средах. Технология сварки таких труб весьма разнообразна, но обязательно надежное проплавление всего сечения. Высокие требования часто предъявляют к состоянию поверхности и очертанию сварного шва внутри трубы.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные методы и приемы сварки труб малого и среднего диаметров?
2. Каковы приемы сборки и сварки поворотных стыков магистральных трубопроводов?
3. Что такое поточно-расчлененный метод выполнения неповоротных стыков магистральных трубопроводов?
4. Каково назначение и устройство установки, используемой при сооружении магистральных трубопроводов?
5. Чем отличаются приемы монтажа магистральных и заводских трубопроводов?

Лекция № 23

Технология изготовления штампованных изделий оболочкового типа

План:

- 23.1. Технология изготовления топливных баков автомобиля
- 23.2. Технология изготовления отопительных радиаторов

Изделия оболочкового типа при относительно небольших размерах целесообразно выполнять в штампованном исполнении. Технологичность подобных изделий определяется, во-первых, сочетанием высокопроизводительных методов получения заготовок холодной штамповкой и соединении их контактной сваркой герметичными швами; во-вторых, возможностью практически полной автоматизации изготовления ряда изделий при крупносерийном и массовом производствах.

Рассмотрим характерные примеры автоматических линий, выпускающих изделия такого типа.

23.1. Технология изготовления топливных баков автомобиля

Автоматическая линия производства топливных баков автомобиля (рис. 23.1) имеет четыре участка (рис. 23.2, а).

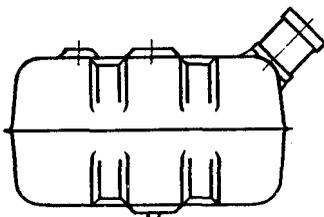


Рис. 23.1. Топливный бак автомобиля

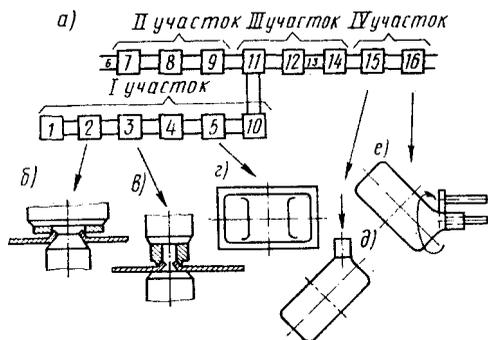


Рис. 23.2. Схема автоматической линии изготовления топливных баков

Первые два участка расположены параллельно, на них осуществляется приварка деталей соответственно к верхней и нижней частям бака. Агрегаты связаны шаговым конвейером, совершающим возвратно-поступательное движение, при обратном ходе которого на всех позициях изделия поднимают подъемными столами. На III и IV участках производятся сварка швов по отбортовке, установка, запрессовка и сварка наливной трубы.

На позиции 1 оператор укладывает верхнюю половину бака выпуклостью вверх. К нему рельефно-конденсаторной сваркой на позиции 2 приваривается фланец (рис. 23.2, б); на позиции 3 - бобышка (рис. 23.2, в); на позиции 4 — еще один фланец. Затем

на позиции 5 половина бака кантуется на 180° и в нее на двухпозиционной многоэлектродной машине свариваются две перегородки (рис. 23.2. г) и перемычка под горловину. На втором участке (позиции 6...9) содержание операций и оборудование аналогичны первому.

В конце первых двух участков линии осуществляется сборка бака. С позиции 10 верхняя половина бака с кантовкой на 180° переносится на позицию 11, где укладывается на нижнюю половину и многоэлектродная контактная машина производит прихватку. Собранный бак толкателем по направляющим продвигается под роликами шовной машины 12 для сварки продольных швов. После разворота бака на 90° вокруг вертикальной оси на позиции 13 бак толкателем продвигается под роликами шовной машины 14, где свариваются поперечные швы, пересечение которых с продольными обеспечивает герметичность стыка двух половин. Затем бак переносится на позицию 15 и укладывается на стол, наклоняющийся на 4° таким образом, чтобы отверстие горловины оказалось вверх (рис. 23.2, д). В этом положении бак по направляющим сдвигается на позицию, где оператор вставляет наливную трубу в отверстие корпуса, а затем под пресс для ее запресовки. На завершающей позиции 16 бак поворачивается на 90° (рис. 23.2, е). В наливную трубу вводится ролик шовной машины и при вращении бака относительно оси трубы выполняется герметичный кольцевой шов между стенкой трубы и отбортовкой корпуса. Для подачи фланцев и бобышек под электроды контактной машины в данной линии использованы роботы с тремя степенями свободы. Рука робота с закрепленным на ней схватом берет верхнюю деталь из магазина, переносит ее на корпус бака под электроды и возвращается в исходное положение. Конструкция схвата показана на рис. 23.3.

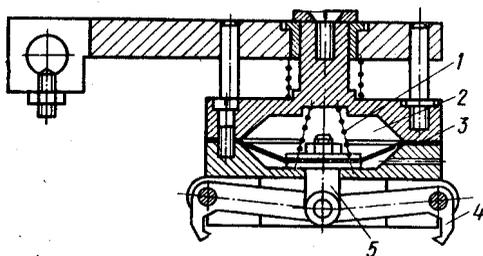


Рис. 23.3. Схват робота

При отсосе воздуха из полости 2 мембрана 3 поднимает шток 5 и поворачивает рычаги 4, зажимающие кромки фланца. При подаче воздуха возвратная пружина 1 перемещает шток в другую сторону и фланец освобождается. В схвате устанавливается микропереключатель, срабатывающий в момент прижима схвата к детали.

23.2. Технология изготовления отопительных радиаторов

Своеобразие линии изготовления отопительных радиаторов заключается в использовании в качестве заготовок рулонной стали. Отопительный радиатор панельного типа (рис. 23.5, а) получают сваркой двух плоских заготовок, в которых выштампованы каналы для циркуляции воды.

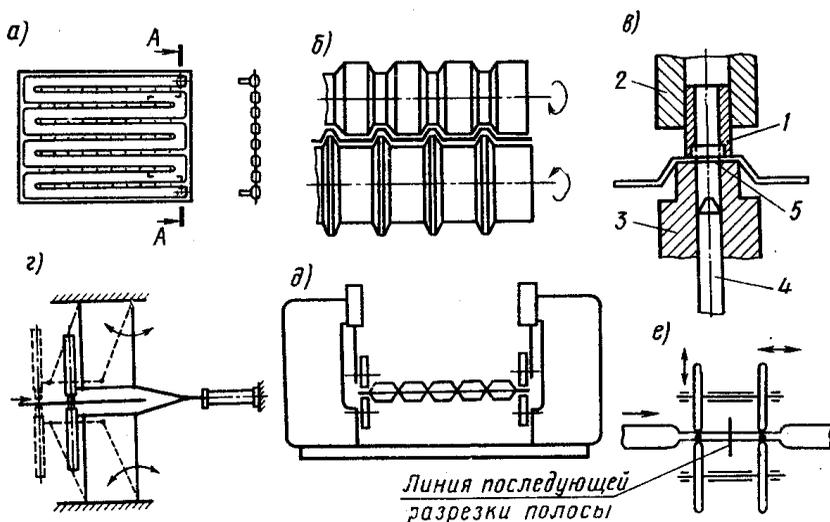


Рис. 23.5. Изготовление отопительного радиатора панельного типа:

а — общий вид радиатора; б — формовка ленты; в — приварка штуцера; г — сварка рядов точек; д — сварка продольного шва; е — сварки поперечного шва

Листы соединены по периметру шовной сваркой, а между каналами — точечной. При этом все операции выполняются на непрерывных полосах и только на последней стадии их разрезают

на отдельные элементы. Это упрощает передачу заготовок с одного рабочего места на другое и обеспечивает непрерывность процесса, но требует выполнения формовки панелей радиатора, а также сварочных операций на движущейся ленте.

Общая компоновка линии показана на рис. 23.6.

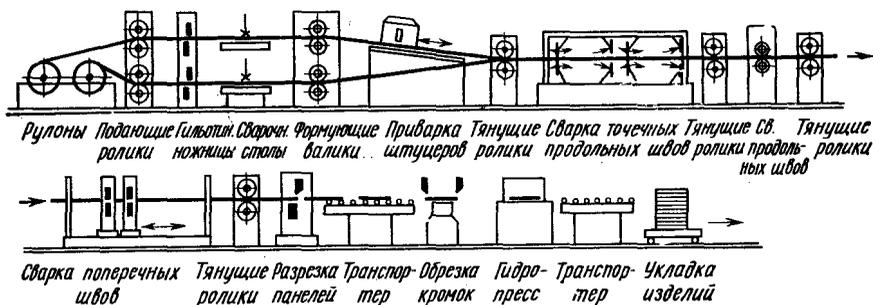


Рис. 23.6. Автоматическая линия изготовления отопительных радиаторов панельного типа

Из двух рулонов подающие ролики направляют полосы к гильотинным ножницам для обрезки концов с последующей стыковкой их при замене рулонов. Непрерывность полос необходим, так как иначе пришлось бы осуществлять проводку передней кромки каждого нового рулона через все агрегаты линии. Формовка выполняется с помощью парных валков периодического профиля (рис. 23.5, б); при этом один из валков выполняет роль матрицы, а другой — пуансона. Два штуцера привариваются к верхней полосе одновременно методом оплавления с помощью летучей контактной установки. Патрубок 1 (рис. 23.5, в) автоматически подается из питателя и верхним электродом 2 прижимается к месту сварки. После окончания сварки через отверстие в нижнем электроде 3 пуансон 4 прошивает отверстие 5 и развальцовывает лишний металл по стенкам патрубка. После приварки патрубков полосы совмещаются и устройством валкового типа подаются в неподвижную многоэлектродную машину для сварки точек между каналами. Наличие двух кинематически связанных четырехзвенников (рис. 23.5, е) обеспечивает плоскопараллельное перемещение траверс, несущих верхние и нижние электроды. Это

перемещение в процессе сварки точек осуществляется вследствие сцепления электродов с движущейся полосой при приложении сварочного давления. Быстрое обратное движение траверс с электродами выполняет пневмоцилиндр. Одновременно работают два блока электродов, выполняя сварку рядов поперечных точек. В это время два других блока электродов подвергаются автоматической зачистке. Сварка продольных герметичных швов осуществляется неподвижной контактной шовной машиной с двумя парами сварочных роликов (рис. 23.5, д). Сварка поперечных швов выполняется контактной шовной машиной с «летучими» каретками, несущими две пары сварочных роликов (рис. 23.5, е), выполняющих одновременно два поперечных шва, расположенных на расстоянии 22 мм друг от друга. Между этими швами «летучие» гильотинные ножницы на следующей позиции отделяют радиаторы друг от друга. После обрезки продольных кромок под размер готовые радиаторы проходят гидроиспытание и поступают на окраску и сушку.

В рассмотренной автоматической линии непрерывность движения полос исключает использование накопителей и поэтому требует от оборудования особенно высокой надежности. Некоторые установки имеют дублирующие узлы. Так, установка для приварки патрубков имеет две сварочные головки. Когда одна находится в работе, другая может проходить ремонт или наладку.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные сборочно-сварочные операции в автоматической линии изготовления топливных баков автомобиля с шаговой подачей.
2. Каковы особенности автоматических линий изготовления пластинчатых радиаторов, использующих непрерывную рулонную ленту?

Лекция № 24

Технология изготовления корпусных транспортных конструкций

План:

- 24.1. Общие сведения об корпусных транспортных конструкциях
- 24.2. Технология изготовления пассажирских вагонов
- 24.3. Технология изготовления электровагонов
- 24.4. Технология изготовления грузовых вагонов

24.1. Общие сведения об корпусных транспортных конструкциях

К корпусным транспортным конструкциям относят кузова цельнометаллических вагонов, автомобилей и корпуса судов. Общим для них является использование плоских или изогнутых листовых элементов и полотнищ с последующим объединением их в жесткую пространственную конструкцию, способную воспринимать вибрационные и динамические нагрузки.

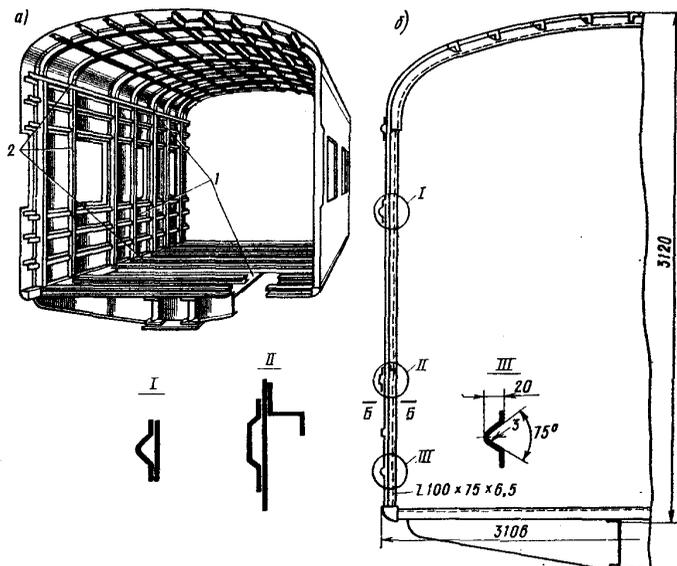


Рис. 24.1. Кузов цельнометаллического пассажирского вагона:

а — общий вид; б — поперечное сечение

Кузов пассажирского вагона имеет решетку-основу 2 (рис. 24.1, а) из гнутых Z-образных профилей, полностью закрытую наружной тонколистовой (толщина $s=1,5...4$ мм) обшивкой 1. Местная жесткость листовой обшивки увеличивается за счет создания гофров (I...III). При этом повышается устойчивость тонколистовых элементов под нагрузкой и снижается их коробление от сварки (рис. 24.1, б).

24.2. Технология изготовления пассажирских вагонов

При изготовлении кузовов пассажирских вагонов преимущественно используют шовную и точечную контактную сварку. Общей сборке предшествуют сборка и сварка крупногабаритных узлов: крыши, боковых стен, настила пола, концевых и тамбурных стен. Производство носит, как правило, мелкосерийный характер. Для него характерно поточное производство с локальной механизацией отдельных работ и широким использованием цеховых кранов. Плоские узлы кузова собирают и сваривают на специальных стандах 2 (рис. 24.2), обслуживаемых двумя сборочными порталами 4 и сварочной машиной 1.

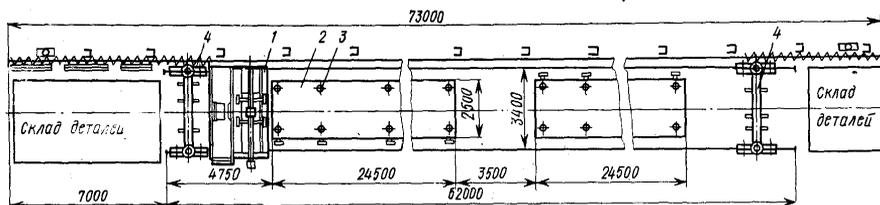


Рис. 24.2. Схема участка для сборки и сварки плоских вагонных конструкций

Когда сварочная машина работает на одном из стандов, на другом собирают следующий узел. При выполнении сборочной операции обшивку укладывают на стэнд по фиксаторам и с помощью соответствующей сборочной скобы производят раскладку, прижим и прихватку элементов жесткости. Для этого сборочный портал 1 (рис. 24.3), несущий комплект элементов жесткости на кронштейнах 6, перемещают вдоль станда по рельсовым направляющим, задавая его фиксированное положение с помощью щупов 7 и призы 8 с последующим закреплением концевыми пневмофиксаторами 2.

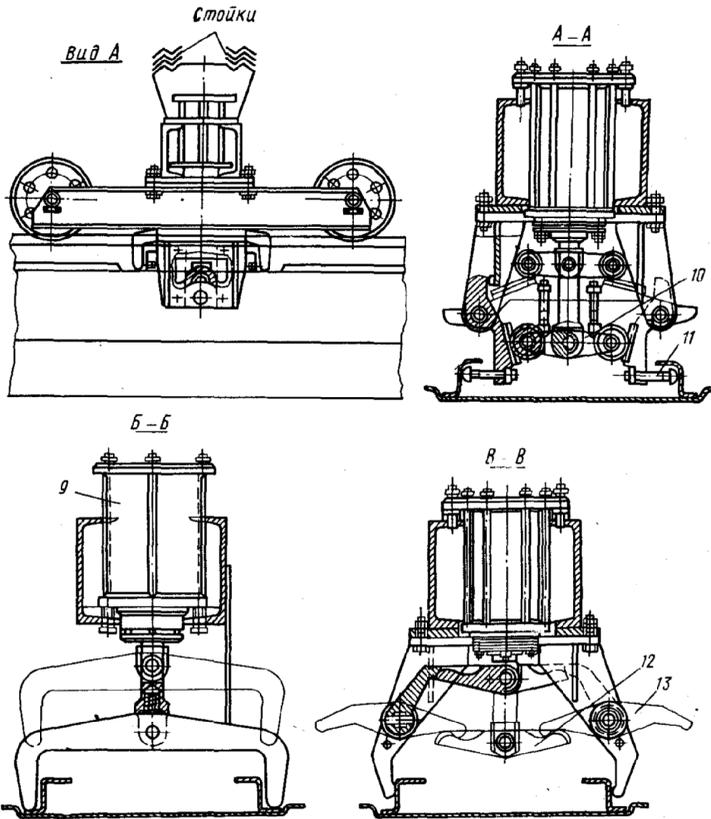
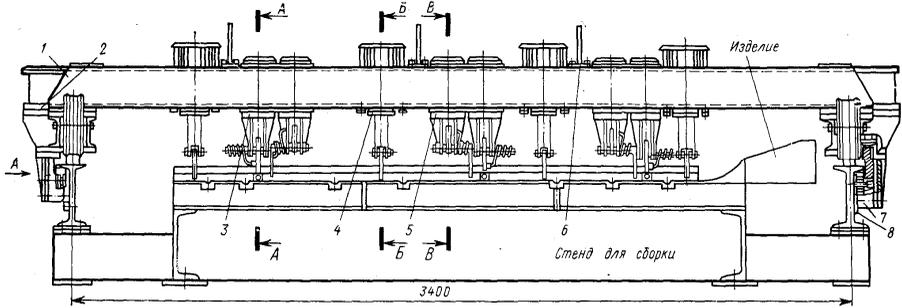


Рис. 24.3. Сборочный портал для прижима элементов жесткости

Проектное положение очередного элемента жесткости задают механизмы 3 и 5 от пневмоцилиндров поворотом коромысел 10 и 12 и упоров 11 и 13. Прижатие элементов к обшивке с созданием предварительного изгиба под сварку обеспечивают пневмоцилиндры 9 с прижимами 4. После постановки прихваток пневмоцилиндры выключают и сборочный портал перемещают в новое положение.

Так как при сварке обшивки с элементами жесткости используют порталную контактную точечную машину с двусторонним подводом тока, то собранный на прихватах плоский узел приподнимают над поверхностью сборочного стенда подъемными опорами.

При сварке продольных точечных швов трехточечная контактная машина передвигается по рельсовым направляющим, а при выполнении поперечных швов синхронно перемещаются относительно портала верхний и нижний сварочные агрегаты (рис. 24.4, а).

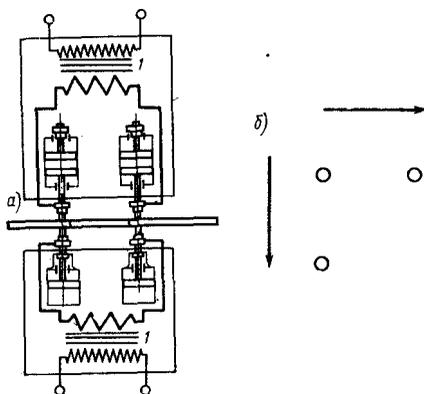


Рис. 24.4. Точечная контактная сварка плоских узлов:
 а — сварочные агрегаты порталной машины; б — расположение электродов в плане вдоль стенда

Верхний сварочный агрегат имеет три сварочные головки, смонтированные на тележке с общим трансформатором. Аналогичным образом устроены сварочные головки нижнего агрегата. Из трех головок каждого агрегата одновременно работают только две, проставляя две сварочные точки. Причем средние головки выполняют как продольные, так и поперечные

швы, тогда как две другие головки чередуются в зависимости от направления шва (рис. 24.4, б). Свариваемый узел поддерживается роликами портала сварочной машины, подъемные опоры 3 (см. рис. 24.2) попарно опускаются, пропуская машину, затем поднимаются вновь.

В отличие от плоских узлов вагона (боковые стены, настил пола) крыша представляет собой корытообразную конструкцию из элементов обшивки 1 и 2 (рис. 24.5, а) и жесткостей Z-образного сечения 3 (рис. 24.5, б).



Рис. 24.5. Схема конструкции крыши

24.3. Технология изготовления электровагонов

В производстве электровагонов крыши моторного, прицепного и головного вагонов монтируют из секций трех типоразмеров длиной по 4,5 м, изготавливаемых в одной поточной линии (рис. 24.6).

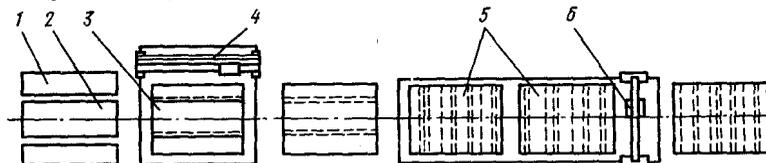


Рис. 24.6. Схема поточной линии сборки и сварки секций крыши электровагона

Обшивку секции собирают на столе станда 3, где по фиксаторам укладывают средний элемент 2 и два элемента округлений 1. Нахлесточные соединения этих тонколистовых элементов сваривают угловым швом дуговой сваркой. Для прижатия кромок нахлестки к медной подкладке и для направления сварочной головки вдоль шва используют передвижной портал 4 с пневмоприжимами. Сборку секций выполняют в стапеле 5, который рассчитан на сборку и сварку четырех разных по конструкции секций: одной крайней, двух средних и одной головной. Дуги крыши раскладывают по медным

шинам дуг стапеля и прижимают пневмоцилиндрами. Сверху накладывают обшивку и приваривают ее к дугам односторонней контактной сваркой парными точками. Портальная машина 6 перемещается от дуги к дуге с точной установкой и фиксацией ее положения на время сварки. Подвижная двухэлектродная головка перемещается вдоль дуги по криволинейным направляющим портала.

Приварка обшивки к элементам жесткости на боковых криволинейных участках обеспечивается специальной конструкцией сварочного узла портальной двухточечной машины (рис. 24.7, а) путем шарнирного соединения кареток 1 с электродами 2. Усилие на электрод от пневмоцилиндра 1 (рис. 24.7, б) подается после поджатия свариваемых деталей с помощью пневмоцилиндра 2.

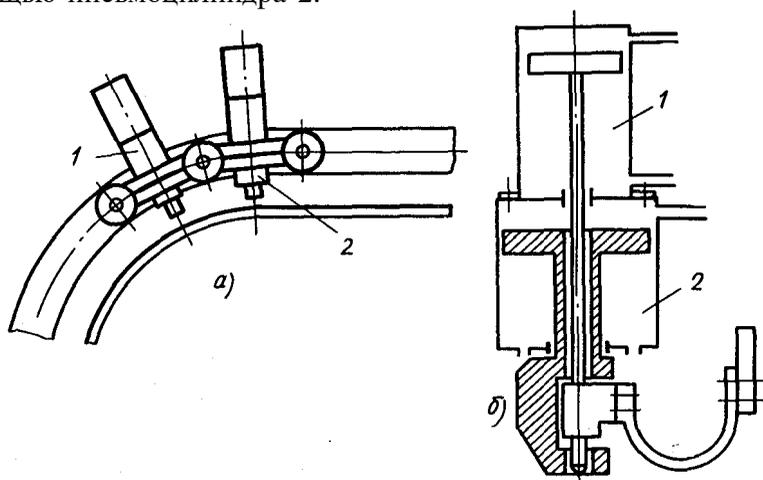


Рис. 24.7. Схема двухточечной машины для сварки криволинейных швов

Для сборки и сварки различных типоразмеров секций крыши стапель может иметь ряд стенов 2, 3, 4 (рис. 24.8), обслуживаемых одной портальной сварочной машиной 1. Подвижные стены 3 и 4 (рис. 24.8) оборудуют приводными рамами 1 (рис. 24.9) с катками 2 и ступенчатыми направляющими копирами 3. В положении сварки рама 1 фиксируется цилиндром 4 с помощью ролика 5, входящего в прорезь планки 6.

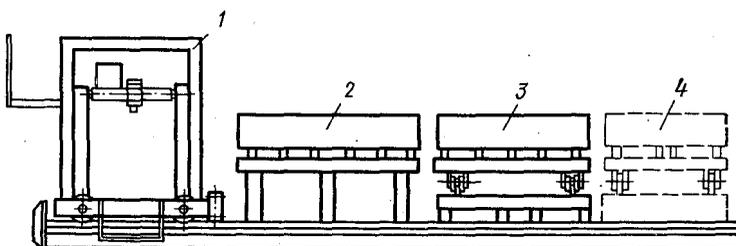


Рис. 24.8. Схема стапеля для сборки и сварки секций крыши

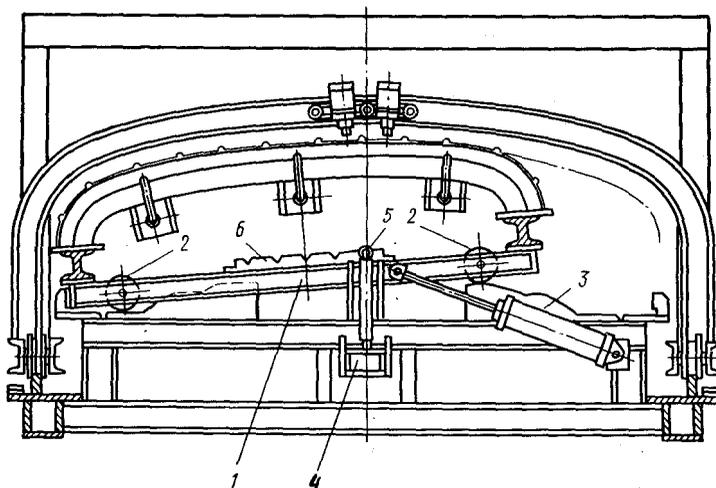


Рис. 24.9. Универсальный стэнд для сварки секций крыши

24.4. Технология изготовления грузовых вагонов

В отличие от пассажирских вагонов магистральные грузовые полувагоны изготавливают в условиях крупносерийного производства. Для него характерно использование линий с комплексной механизацией и автоматизацией процессов и применением прогрессивных методов сварки.

У грузового полувагона (вагон без крыши) боковые стены, жестко соединенные с рамой полувагона, образуют несущую конструкцию. Торцовые стены и крышки люков пола выполнены поворотными для облегчения погрузочно-разгрузочных работ. Боковая стенка такого четырехосного вагона представляет собой

плоскую конструкцию (рис. 24.10), состоящую из полотнища 1, верхней 2 и нижней 3 обвязок, угловых 5, шкворневых и промежуточных 4 стоек.

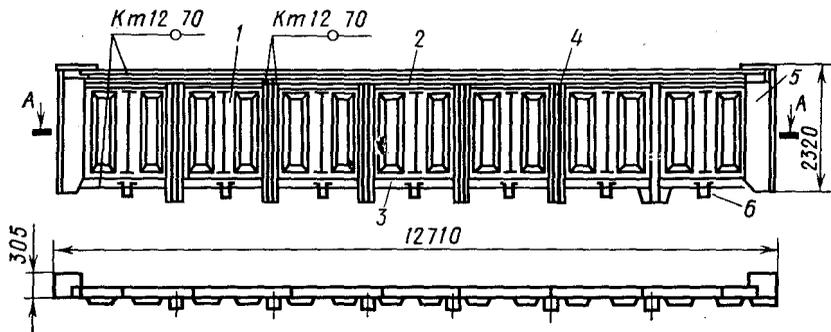


Рис. 24.10. Боковая стенка грузового полувагона

Полотнище состоит из корытообразных штампованных из листа деталей толщиной 5 мм, сваренных стыковыми швами. Верхняя обвязка сварена из двух профилей, усиленных ребрами жесткости, нижняя обвязка имеет скобы 6 для подтягивания люков. Угловые стойки состоят из Z-образных профилей с приваренными к ним жесткостями и петлями; промежуточные и шкворневые стойки выполнены из Ω-образных профилей. Верхняя и нижняя обвязки вместе с угловыми, шкворневыми и промежуточными стойками составляют каркас боковой стенки, который приваривают к полотнищу контактной точечной сваркой.

Обшивку боковой стенки собирают и сваривают дуговой сваркой из корытообразных штампованных заготовок толщиной 5 мм методом последовательного наращивания в поточной линии. Со склада панелей автооператоры подают их по одной в зону задающего механизма соответствующего агрегата. В первом агрегате поданная панель толкателями по рольгангу транспортируется в сварочную установку таким образом, чтобы кромка, в которую упираются толкатели, оказалась расположенной в плоскости движения сварочного электрода. После зажатия первой панели автооператор подает вторую. Толкатели сдвигают ее по рольгангу до упора в первую; затем вторая панель зажимается. К собранному стыку поджимается флюсовая подушка и включается сварочный аппарат,

выполняющий под флюсом однопроходный стыковой шов с обратным формированием. В такой же последовательности пристыковывается третья панель и т. д. Сваренный из пяти панелей блок передается на второй агрегат для приварки еще пяти панелей, а затем на третий, где привариваются остальные четыре панели.

Каркас боковой стенки собирают и сваривают в полуавтоматической линии. На ее первую позицию автооператор одновременно подает набор балочных элементов, входящих в состав каркаса. Заданную геометрию каркаса обеспечивает система упоров, фиксаторов и пневмоприжимов. Сборочные швы выполняют два сборщика, обслуживающие это рабочее место. Перемещение собранного каркаса с одной позиции на другую осуществляет система из трех, жестко соединенных тележек с пневмоподъемниками, совершающих возвратно-поступательное движение. На следующих двух позициях линии производят сварку каркаса полуавтоматами в среде ($\text{CO}_2 + \text{O}_2$): на второй позиции — в нижнем положении, на третьей - с поворотом на 90° с помощью двухстоечного кантователя. С обеих сторон полуавтоматической линии сборки и сварки каркаса расположены две автоматические линии сборки и сварки обшивки. Полностью сваренный каркас автооператор поочередно переносит на одну из этих параллельных линий и укладывает его поверх готовой обшивки, после чего производят сборку и прихватку. Затем с тележечного транспортера 4 (рис. 24.11) собранная боковая стенка 3 захватывается системой зажимов 2, работающих от пневмосети 1.

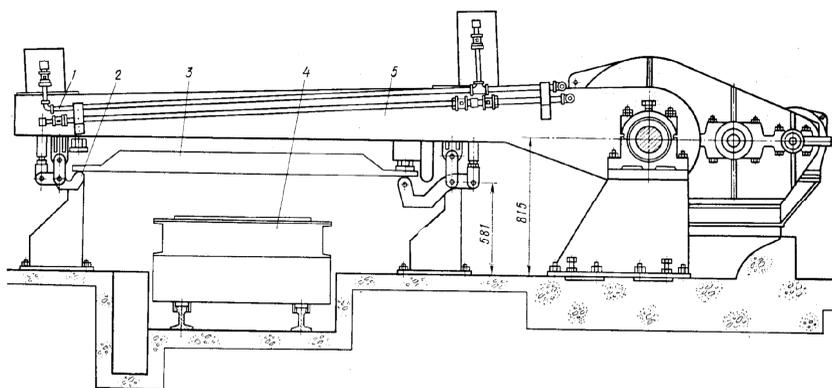


Рис. 24.11. Книжный кантователь

Конструкция захвата исключает его самопроизвольное открытие. В исходном положении рычаги кантователя 5 расположены вертикально. При подаче собранной стенки кантователь поворачивается, захватывает ее и укладывает на приемный стеллаж центральной линии с поворотом на 180°. После передачи изделия на сварку рычаги кантователя возвращаются в исходное положение.

Приварку каркаса боковой стенки к обшивке выполняют точечной контактной сваркой. Расположение сварных точек боковой стенки грузового полувагона показано на рис. 24.12.

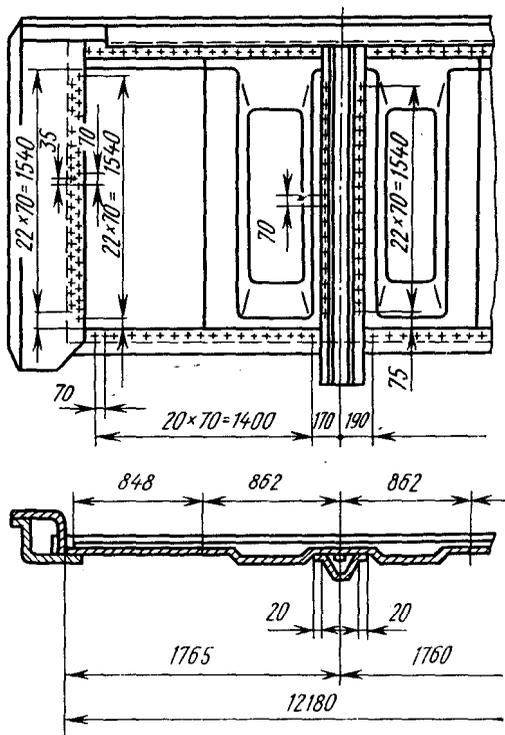


Рис. 24.12. Расположение сварных точек на боковой стенке грузового полувагона

Для этого используют комплекс двухэлектродных машин, расположенных в линии, имеющей две позиции (рис. 24.13). На первой позиции выполняют продольные швы, приваривающие

обшивку к верхней и нижней обвязкам; на второй— поперечные ряды точек, соединяющих обшивку с промежуточными и угловыми стойками.

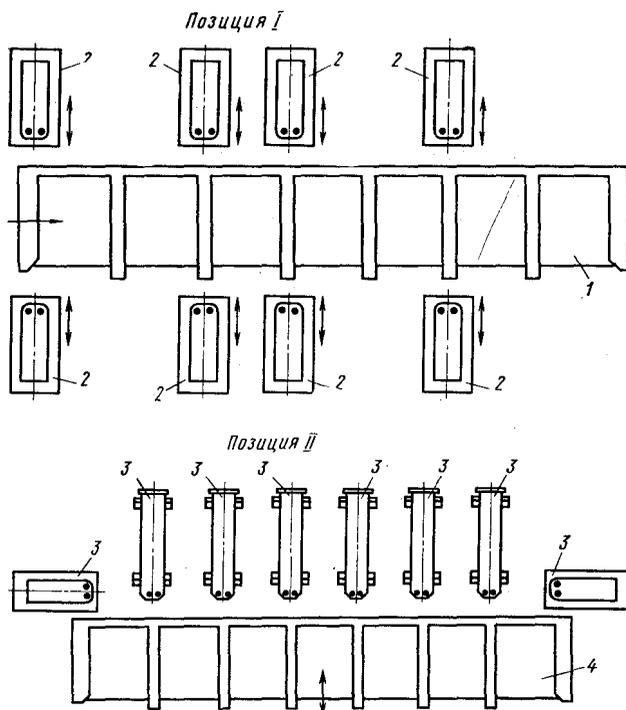


Рис. 24.13. Схема расположения контактных точечных машин линии сварки каркаса боковой стенки с обшивкой

На позиции I боковая стенка 1 продвигается по направляющим гидравлическим приводом. С двух сторон транспортирующего устройства размещено по четыре контактные машины 2, имеющие механизм поперечного возвратно-поступательного перемещения для выдвигания электродов на линию точечного шва и отвода в исходное положение. Продольная подача боковой стенки осуществляется по программе, учитывающей расположение точечных машин и топографию размещения точек. Толкатель со скоростью 100 мм/с совершает холостой ход при ручном управлении, подавая боковую стенку в зону сварки. После выхода сварочных агрегатов на линию точек верхней и нижней обвязок производится сварка с автоматической

шаговой подачей на расстояния, кратные шагу точек, а также на расстояния, необходимые для перехода электродов через промежуточные стойки. Суммарный рабочий ход на 3140 мм дополняется быстрым перемещением боковой стенки со скоростью 300 мм/с на 5340 мм. Затем толкатель со скоростью 600 мм/с возвращается в исходное положение и повторным ходом на 8750 мм продвигает боковую стенку в направляющие транспортирующего устройства второй позиции.

На позиции II (рис. 24.13) восемь двухэлектродных контактных машин 3 расположены с трех сторон боковой стенки 4. Транспортирующее устройство имеет три тележки, перемещающиеся в поперечном направлении. Эти тележки кинематически связаны с уравнивающим механизмом, исключающим возможность перекоса боковой стенки при ее поперечной подаче. Движение тележек в прямом и обратном направлениях задается гидроцилиндром по программе. Поступившая с позиции I стенка подается в поперечном направлении в зону сварки на 1920 мм со скоростью 300 мм/с. В процессе выполнения точечных швов транспортирующее устройство обеспечивает автоматическую шаговую подачу на длине 1540 мм в прямом, а затем в обратном направлении. Для исключения смещения точечного шва от номинального положения у точечных машин, приваривающих поперечные стойки, предусмотрено пневматическое устройство, поворачивающее каждую машину на ее опоре для автоматического направления электродов по ряду точек. После завершения сварки изделие возвращается в исходное положение и передается на поточную линию доделочных операций и технического контроля.

Контрольные вопросы:

1. Какие конструктивные особенности и приемы изготовления являются общими для корпусных транспортных конструкций различных типов?
2. Чем отличаются приемы сборки и сварки плоских и криволинейных секций пассажирских вагонов?
3. Каковы характерные схемы контактных машин, используемых при сварки секций пассажирских вагонов?
4. Какова последовательность операций изготовления боковой стенки грузового полувагона?

Лекция № 25

Технология изготовления корпусных транспортных конструкций

План:

- 25.1. Общие сведения о технологии изготовления корпусов судов
- 25.2. Серийное производство судов

25.1. Общие сведения о технологии изготовления корпусов судов

В настоящее время все типы судов выпускаются исключительно со сварными корпусами. На рис. 25.1 дана схема конструкции корпуса корабля. Корпус имеет наружную обшивку 1, верхнюю 7 и нижнюю 8 палубы, продольные 10 и поперечные 9 перегородки, выполненные из листовых элементов и соединенные герметичными швами. Общая местная жесткость корпуса обеспечивается приваркой различных прокатных и сварных балочных элементов: флор 3, шпангоутов 4, бортовых стрингеров 5, бимсов 6, вертикального киля 2. Большое число пересекающихся элементов, в особенности в сочетании с требованием герметичности соединений, усложняет конструкцию узлов и технологию их выполнения.

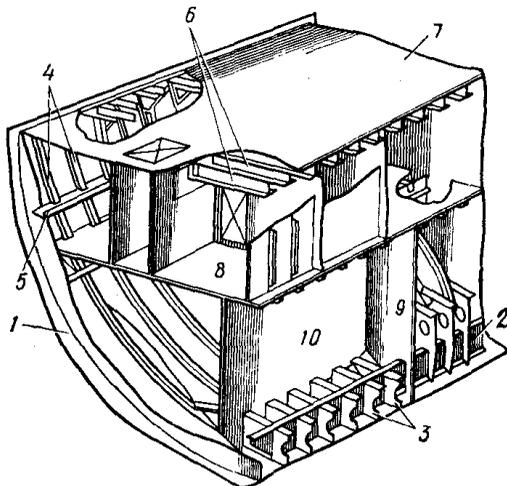


Рис. 25.1. Конструкция корпуса корабля

Огромные размеры цельносварной конструкции и невозможность снятия остаточных напряжений предопределяют большой запас упругой энергии, накопленный в корпусе корабля. В этих условиях не исключена возможность самопроизвольного развития трещины на большом протяжении, приводящей к разрушению корпуса. При проектировании сварных соединений и узлов используют металл с высоким сопротивлением развитию трещин и предусматривают устранение концентрации напряжений, а в процессе изготовления принимают меры по предотвращению и устранению дефектов сварки.

Сложность очертания корпуса корабля заставляет уделять большое внимание точности и производительности заготовительных операций.

В основе существующих методов постройки судов лежит предварительное изготовление частей корпуса судна в виде сборочных элементов, секций и блоков. Каждая отдельная секция должна быть достаточно жесткой. Границы плоских и объемных секций намечают по возможности в районах поперечных переборок симметрично диаметральной плоскости судна. Размеры секций выбирают с учетом габаритных ограничений перемещения их к месту сборки на стапеле, а также грузоподъемности кранов и транспортных средств. По технологическим соображениям при разбивке каркаса на элементы, секции и блоки необходимо предусмотреть выполнение возможно большего объема сборочно-сварочных работ в условиях цеха при максимальной механизации, а также учесть особенности сборки на стапеле. Так, носовую и кормовую части корпуса обычно выделяют в крупные объемные секции, а при использовании блочного способа сборки корпус расчленяют поперечными сечениями от палубы до киля (рис. 25.2).

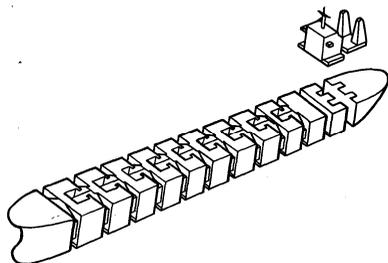


Рис. 25.2. Схема разбивки корпуса

Большинство сборочных элементов состоит из простых листовых деталей или прокатных и составных балок и рамок, имеющих обычно тавровое сечение (рис. 25.3).

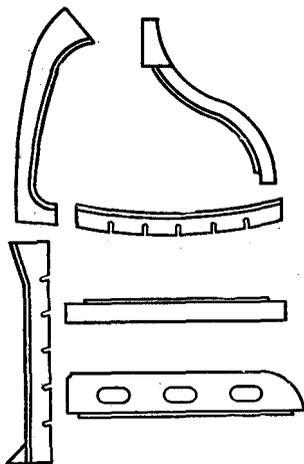


Рис. 25.3. Типы составных сварных балок корпуса

Для механизированной сборки и автоматической сварки под флюсом прямых и криволинейных балок таврового профиля используют станки типа СТС. При сборке и сварке листовых полотнищ используют стелы, имеющие передвижные балки с флюсовыми подушками и электромагнитами. Балки размещают в соответствии с расположением стыков собираемого полотнища. Флюсовые подушки уплотняют стык, снижая требования к отклонениям ширины зазора по длине стыка; электромагниты фиксируют положение кромок. Тщательным подбором режима можно получить полное проплавление и хорошее формирование шва с обеих сторон при односторонней сварке на флюсовой подушке стелы без кантовки.

Различают секции плоскостные, с прогибью и объемные. Сборку и сварку плоскостных секций осуществляют на плоских стеллах. При этом широко применяют способ раздельной сборки и сварки продольного и поперечного наборов, позволяющий увеличить объем сварки, выполняемый автоматами. На стеллу укладывают полотнище, зачищают места установки набора,

устанавливают и приваривают автоматами набор главного управления (рис. 25.4, а).

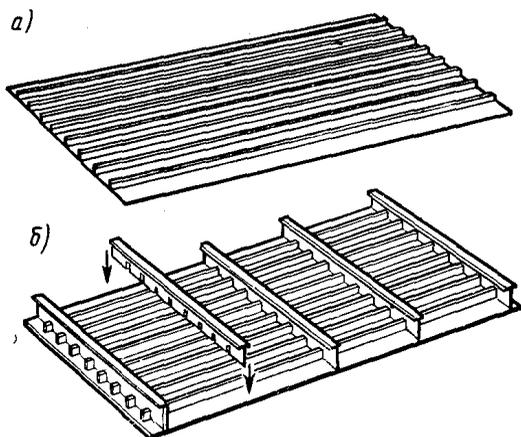


Рис. 25.4. Схема раздельной сборки судового набора

Затем набор другого направления (рис. 25.4, б) приваривают к полотнищу полуавтоматами, а соединения набора разных направлений между собой выполняют полуавтоматами в последнюю очередь

В производстве корпусов судов значительный объем работ составляет изготовление полотнищ и плоских секций, причем их число, размеры и масса возрастают по мере увеличения тоннажа выпускаемых судов. В соответствии с этим для изготовления полотнищ плоских секций используют комплексно-механизированные линии с универсальным оборудованием, обеспечивающим выпуск широкого диапазона типоразмеров.

Для сборки секций с прогибью используют постели, образуемые набором лекал, закрепленных на жестком основании и воспроизводящих обводы изготавливаемой секции (рис. 25.5).

Рабочая кромка лекал для облегчения обработки имеет вид гребенки, в местах сварных швов делают вырезы. Поскольку стоимость специальных постелей, предназначенных для изготовления только определенного типоразмера секции, велика, широкое распространение получили разборные и универсальные постели. Разборные постели собирают из типовых элементов. В зависимости от конструкции собираемых секций разборные постели делят на три группы.

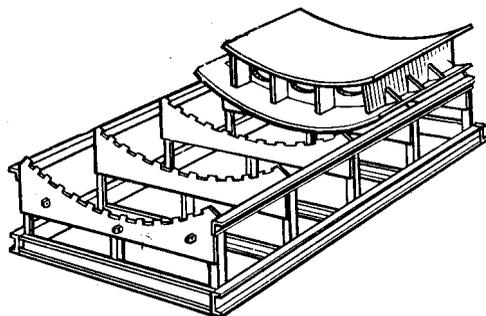


Рис. 25.5. Постель для сборки днищевой секции

К первой группе относятся постели для сборки днищевых, палубных и бортовых секций средней части корпуса, имеющих сравнительно небольшую прогибь. Ко второй группе относятся постели для объемных секций оконечностей судов, имеющих обводы с большой кривизной. В третью группу входят постели, предназначенные для сборки палубных секций с малой кривизной — все секции палубы можно изготавливать на одной постели без смены лекал. Настройка лекал по высоте производится в этом случае с помощью телескопических регулируемых стоек. Пример универсальной постели для сборки и сварки различных по размерам и кривизне днищевых секций показан на рис. 25.6.

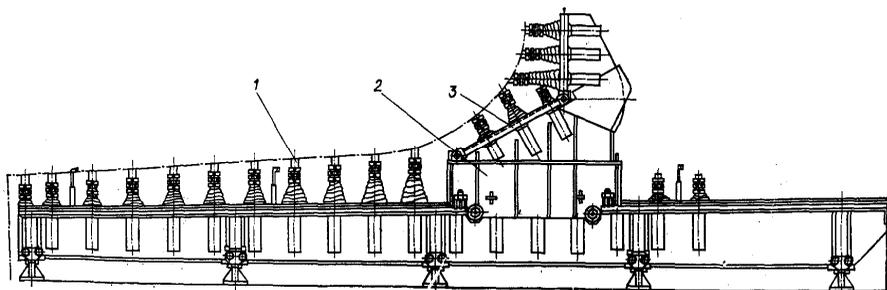


Рис. 25.6. Универсальная постель

Предварительная настройка на требуемую кривизну днища производится перестановкой боковых подлекальников 2 и поворотом секций 3 на необходимый угол. После этого по плазовым таблицам осуществляют настройку опор 1.

При изготовлении секций, имеющих кривизну, например, объемной днищевой секции, сначала листы обшивки собирают с минимальными зазорами, прихватывают друг к другу и крепят к лекалам постели. Затем выполняют сварку стыков на весу автоматами под флюсом. Потом производят сборку и приварку набора, элементов жесткости, устанавливают и приваривают полотнище второго дна, сваренного отдельно. Для удобства выполнения швов автоматической сваркой под слоем флюса постели иногда снабжают флюсовыми подушками, а также делают их наклоняющимися или поворотными. При завершении сварки обшивка освобождается от закреплений и секция снимается с постели. Если ее сварка производилась без поворота постели, то секцию кантуют, огневой сторожкой зачищают корни стыковых швов обшивки и производят их подварку.

Для сборки развитых объемных секций, оконечностей корпуса применяют жесткие постели-кондукторы, которые поддерживают собираемую секцию не только снизу, но и с боков по всей высоте. Иногда объемные секции собирают на плоских сборочных стендах на базе одного из плоских элементов секции.

25.2. Серийное производство судов

При серийной постройке малых и средних судов общую сборку корпусов выполняют поточно-позиционным методом. С помощью специальных средств строящиеся суда перемещают с одной позиции поточной линии на другую, причем на каждой из них выполняют определенные объемы работ за одинаковый промежуток времени с широким применением специальной оснастки. При отсутствии поточных линий применяют поточно-бригадный метод постройки судов, когда каждое судно остается на месте, а специализированные бригады последовательно и ритмично переходят с одного судна на другое.

Сварочные деформации, возникающие при изготовлении корпуса, в значительной степени зависят от схем сборки. Если производить сборку «по горизонталям», т. е. собирать сначала днищевые секции по всей длине, а затем устанавливать все секции двойного дна и т. д., то при сварке горизонтов, следующих за днищем, концы нижнего горизонта будут приподниматься, вызывая общее искривление корпуса. Поэтому наиболее перспективным методом общей сборки корпуса судна является блочный, когда сборку на стапеле осуществляют из

крупных блоков, представляющих собой часть корпуса от киля до палубы. Схема организации работ при использовании такого метода показана на рис. 25.7. Корпус каждого блока формируют на предстпельном участке из секций, подаваемых из сборочно-сварочного цеха. Днищевые секции устанавливают на поперечные балки. При этом средняя часть с колеей для транспортных тележек грузоподъемностью 500 т и монтажных тележек грузоподъемностью 100 т остается свободной. Центровку и стыковку днищевых секций производят с помощью монтажных тележек. По окончании формирования блоков производят испытания отсеков на непроницаемость.

С горизонтальной предстпельной площадки готовые блоки с помощью двух 500-тонных транспортных тележек перемещают на трансбордер, который перемещается по трансбордерной горке. После совмещения рельсовых путей трансбордера и наклонного стапеля блок на транспортных тележках опускают по наклонному стапелю до места установки. Под концы судоводных балок блока подводят центрирующие устройства, расположенные на спусковых дорожках стапеля, блок снимают с транспортных тележек и возвращают их на предстпельную площадку для перевозки очередного блока.

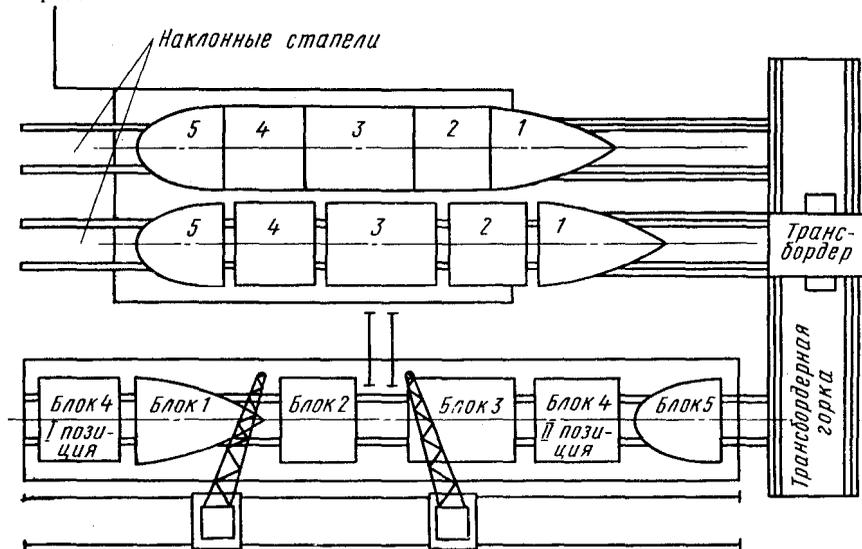


Рис. 25.7. Схема сборки корпуса корабля на стапеле блочным методом

Сварку стыка между блоками начинают после окончательной сдачи сборочных работ по всему стыку. Вертикальные и наклонные монтажные швы при толщине 7 ... 14 мм целесообразно выполнять автоматической сваркой порошковой проволокой, а при толщине более 14 мм — электрошлаковой сваркой. При ручной сварке стыка в целях обеспечения равномерного поперечного сокращения по периметру обычно несколько пар сварщиков I, II, III, IV, V одновременно выполняют симметрично расположенные участки швов 1-1, 2-1, 1-II, 2-II и т. д. (рис. 25.8).

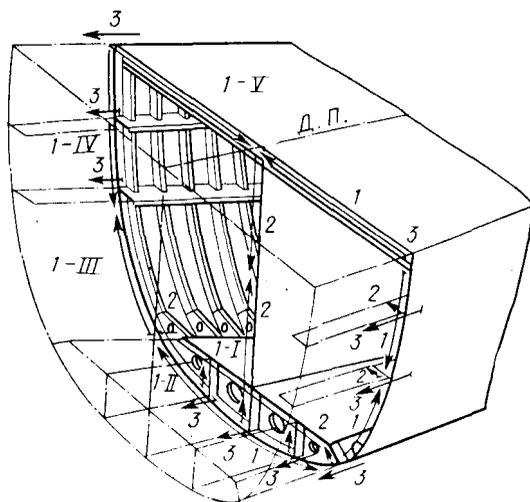


Рис. 25.8. Схема последовательности сварки стыка между блоками

Последовательность операций обычно такова:

- заваривают монтажный стык 1 по всему периметру с внутренней стороны;
- после зачистки корня шва заполняют разделку с наружной стороны корпуса;
- сваривают стыки 2 продольного и поперечного набора; выполняют приварку набора 3 к обшивке.

При производстве судовых корпусных конструкций сварочные деформации часто оказываются выше допустимых. Для их исправления применяют главным образом правку местным нагревом. На стапеле правка ребристости и волнистости

производится после установки и закрепления секции или блока в жестком контуре. Местные угловые деформации полотнищ толщиной 4...10 мм правят нагревом обшивки над каждым ребром жесткости со стороны, противоположной приваренному набору. Правку полотнищ толщиной 3 мм и менее производят нагревом полос между ребрами жесткости на расстоянии 100 мм от них.

Контрольные вопросы:

1. Назовите возможные варианты последовательности установки и приварки набора при изготовлении плоских секций корпусов судов. В чем их достоинства и недостатки?
2. Как обеспечивают комплексность механизации сборочно-сварочных работ в поточной линии изготовления плоских секций корпусов судов?
3. Какую оснастку используют при изготовлении объемных секций судов?

Лекция № 26

Технология изготовления корпусных транспортных конструкций

План:

- 26.1. Общие сведения о технологии изготовления кузовов автомобилей
- 26.2. Автоматические линии для изготовления кузовов автомобилей

26.1. Общие сведения о технологии изготовления кузовов автомобилей

Кузова легковых и кабины грузовых автомобилей выпускают в условиях крупносерийного производства. Поэтому к требованиям минимальной массы и необходимой жесткости кузова как к конструкции транспортного типа добавляются требования высокой точности заготовок и технологичности сварных соединений и узлов. Кузова автомобилей собирают из заготовок, штампованных из тонкого листа, и сваривают контактной точечной сваркой.

Автоматические линии сборки-сварки основных узлов кузова (пола, боковин и крыши) представляют собой сложный

комплекс многоточечных сварочных машин и средств механизации, работающих в едином цикле. Многоточечные машины этих линий подразделяются на несколько типов.

Машины типа «открытый стол» (рис. 26.1, а) входят в состав многих автоматических линий.

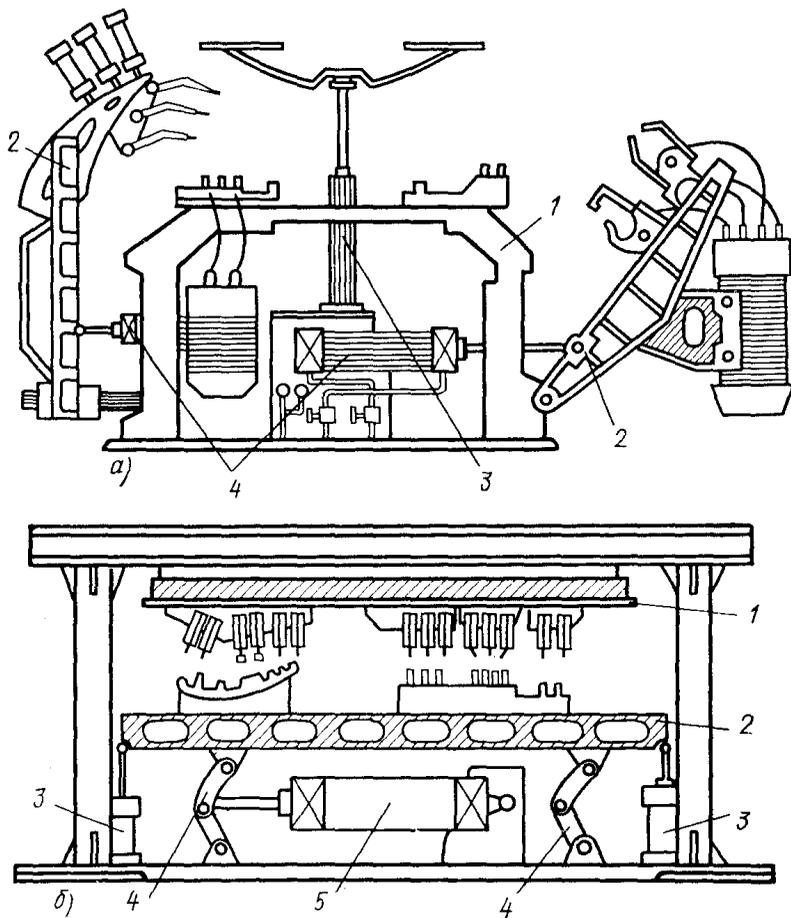


Рис. 26.1. Схемы характерных многоточечных машин:
а – «открытый стол»; б – с подвижным нижним столом

В машинах этого типа свариваемые узлы устанавливаются на неподвижный стол 1, а сварочные пистолеты и клещи закреплены на откидывающихся кронштейнах 2, которые подводятся к

свариваемым узлам с помощью гидравлических цилиндров 4. Для съема узлов со стола и подачи их на конвейер линии машины оснащены гидравлическим подъемником 3. Они имеют телескопические цилиндры, так как высота подъема деталей достигает 1,3 м.

Машины с неподвижным нижним столом используют для сварки крупногабаритных узлов (рис. 26.1, б). Свариваемые узлы укладываются на подвижный стол 2 машины, сварочные пистолеты закреплены неподвижно на верхней плите 1. Подъем и фиксация стола осуществляются с помощью двух гидроцилиндров 3 и одного пневмоцилиндра 5, который управляет движением коленчатых рычагов 4. При подъеме стола рычаги устанавливаются в мертвое положение и воспринимают усилия как от веса стола, так и от давления электродов сварочных пистолетов. Пневмоцилиндр 5 служит как для вывода рычагов из «мертвого» положения, так и для амортизации стола при опускании.

В начале автоматической линии входящие в состав собираемого узла детали обычно ориентируют и укладывают по фиксаторам вручную. Сохранение первоначальной ориентации и требуемая точность фиксации узла на последующих сборочно-сварочных позициях обеспечиваются соответствующим конструктивным оформлением транспортирующих устройств. В некоторых случаях для этого используют тележки-спутники.

26.2. Автоматические линии для изготовления кузовов автомобилей

Примером автоматической линии с тележками-спутниками может служить линия сборки и сварки настила пола кабины грузового автомобиля (рис. 26.2). Работа линии осуществляется следующим образом. Два оператора укладывают детали каркаса на приемное устройство многопозиционного пресса рельефной сварки 9. Сваренный каркас выдается шаговым устройством и с помощью механической руки 10 перекладывается на очередную тележку-спутник, когда она находится на платформе гидроподъемника 3 в нижнем положении. Другие два оператора снимают панель пола с подвесного конвейера, укладывают её на приемное устройство многопозиционного клепального станка 1 и вставляют в отверстия панели 32 резьбовые втулки. Панель с втулками подается в станок, где за один рабочий ход все

резьбовые втулки развальцовываются. Затем панель пола шаговым устройством выдается из ставка, захватывается механической рукой 2 и укладывается в то же приспособление-спутник, где ранее был установлен каркас пола.

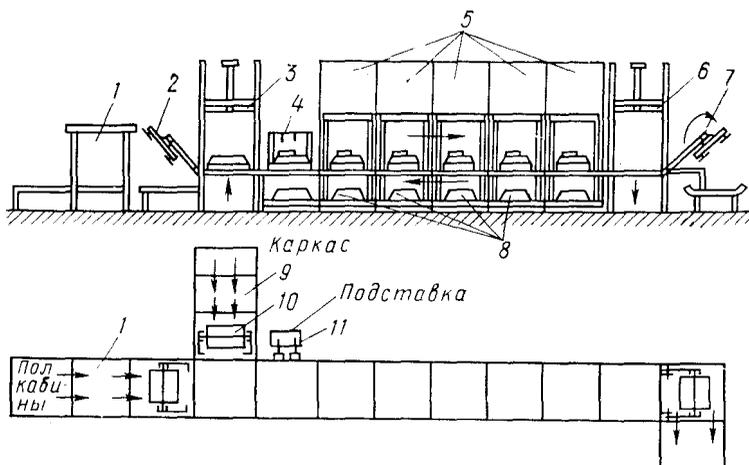


Рис. 26.2. Схема автоматической линии сборки и сварки настила пола кабины грузового автомобиля

Укладка панели пола механической рукой 2 осуществляется в тот момент, когда тележка-спутник находится на платформе подъемника 3 в верхнем положении. На следующей позиции 4 на этот спутник механической рукой 11 подается подставка сиденья, которая контактной сварочной установкой прихватывается в двух точках. Затем полностью собранный узел вместе с приспособлением-спутником перемещается шаговым конвейером и последовательно проходит операции сварки на пяти контактных многэлектродных машинах 5, где сваривается в 204 точках, и попадает на платформу гидроприемника 6, находящуюся в верхнем положении. Здесь сваренный пол кабины снимается с приспособления механической рукой 7 и передается на линию сборки кабины.

Многие другие автоматические линии изготовления узлов кузовов автомобилей работают без тележек-спутников. Так, на рис. 26.3 схематически показаны линии сборки и сварки боковых стенок кузова автомобиля, где в начале линии оператор

укладывает элементы каркаса и обшивку на стол многоточечной машины типа «открытый стол» по фиксаторам.

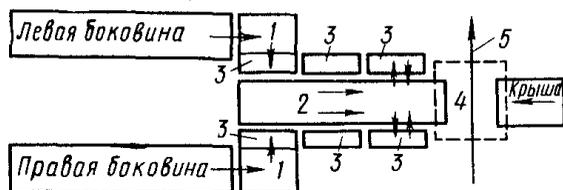


Рис. 26.3. Схема автоматических линий сборки и сварки боковых стенок автомобиля

Выполненные на этой машине сварные точки обеспечивают жесткость собранного узла и надежную фиксацию деталей относительно друг друга. После сварки гидроподъемник поднимает узел до уровня расположения транспортирующего устройства, которое захватывает его и передает на следующие позиции, где сварка остальных точек выполняется автоматически. В конце линии сваренные боковины поступают на механизмы перегрузки 1, где они из горизонтального положения переводятся в вертикальное и подаются на напольный конвейер 2. Рядом расположены накопители 3 для хранения готовых боковин. Подача с напольного конвейера в накопители и обратно происходит автоматически.

Общую сборку и сварку кузова автомобиля из готовых узлов осуществляют либо на одном рабочем месте в главном кондукторе, либо на нескольких рабочих местах методом последовательного укрупнения. В первом случае сваренные боковины кузова (правая и левая) подаются к месту комплектации 4 напольным конвейером. С противоположной стороны к этому месту поступает и крыша кузова. Комплектация осуществляется с помощью опускной секции линии подвесного конвейера. Навеску осуществляют опусканием участка несущего пути подвесного конвейера 2 (рис. 26.4) вместе с подвеской 1 так, чтобы крюки 5 рычагов 3 оказались на уровне проемов окон боковин, подаваемых напольным конвейером. Крыша подается центрально и подхватывается крюками 4. Скомпонованная таким образом «виноградная гроздь» поднимается вверх, захватывается выступом тяговой цепи толкающего конвейера и автоматически адресуется к месту приема последнего узла компоновки настила

пола, располагаемого в подвеске на опорах 6, а затем отправляется на склад.

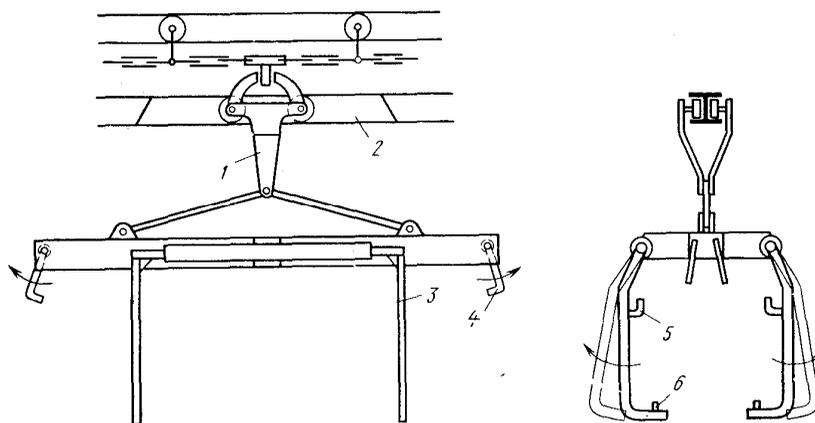


Рис. 26.4. Опускная секция с подвеской для комплектации узлов кузова и подачи их к главному кондуктору

Со склада «виноградные грозди» системой автоматического адресования подаются к главному сборочному кондуктору (рис. 26.5) челночного типа, включающего в себя многоточечную сварочную машину 4, шесть подвесных сварочных машин 3 и две связанные между собой кондукторные тележки 1 и 5.

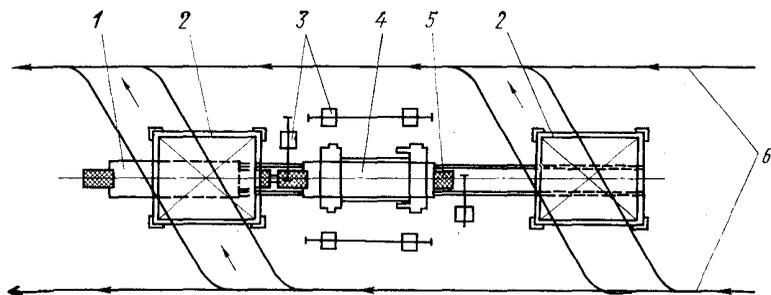


Рис. 26.5. Схема расположения главного кондуктора для сборки кузова автомобиля

Подвеску опускной секции 2 с компоновкой узлов кузова опускают на приемную тележку, узлы снимают, устанавливают в кондуктор тележки и фиксируют прижимами. Затем тележку

подают в многоточечную машину 4. Здесь узлы окончательно фиксируются зажимными устройствами и свариваются снизу в 96 точках. Остальные 182 точки сваривают с помощью подварочных машин. В это время вторая тележка оказывается на позиции, где ранее собранный кузов захватывается рычагами подвески, опускающая секция 2 толкающего конвейера 6 поднимает его и подвеска с кузовом отправляется на линию окончательной сварки.

При общей сборки методом последовательного наращивания линия сварки кабин имеет четыре контактных многоэлектродных машины и работает автоматически, обеспечение требуемой точности подачи свариваемых кромок под электроды машины на каждой позиции достигается использованием самоустанавливающихся сварочных пистолетов.

Работа на линии сварки кабин осуществляется следующим образом. Собранная на прихватках кабина поступает на первую сварочную машину (рис. 26.6), где фиксируется в рабочем положении с помощью подъемного устройства 7. Сварочные пистолеты 4, закрепленные на траверсах 1, 6 и 8 шарнирами 2 с пружинами 3, подводятся к свариваемым кромкам до упоров 5. После выполнения сварочной операции кабина опускается на шаговый конвейер и передается на следующую позицию.

Автоматические линии, оснащенные многоточечными контактными машинами, предназначены для выпуска кузовов автомобилей определенной марки. Переход на изготовление кузовов другой модификации требует замены оборудования.

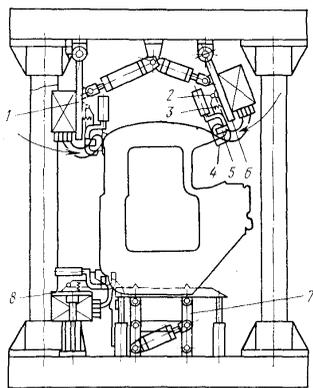


Рис. 26.6. Схема сварки кабины на многоэлектродной машине

Поэтому для прихватки и сварки кузовов автомашин все шире используют роботы, оснащенные клещами для контактной точечной сварки. Использование роботов делает производство более гибким, т. е. позволяет переходить к изготовлению кузовов другой модификации путем простой смены программы роботов, обслуживающих отдельные рабочие места.

Контрольные вопросы:

1. Каковы характерные схемы многоточечных контактных машин для сварки элементов кузов автомашин?
2. Опишите схему главного кондуктора для сборки кузова.
3. Чем определяется целесообразность использования роботов для точечной сварки кузовов автомашин?

Лекция № 27

Мелкосерийное производство деталей тяжелого и энергетического машиностроения

План:

- 27.1. Технология изготовления станин прессов
- 27.2. Технология изготовления валов турбин
- 27.3. Технология изготовления рабочих колес турбин

В машиностроении наиболее характерными узлами и деталями являются корпуса и станины, валы и колеса. При изготовлении их в сварном исполнении требуемую точность размеров и формы обеспечивают, как правило, механической обработкой. Изделия тяжелого и энергетического машиностроения (станины прессов, валы и колеса мощных турбин и др.) выпускают мелкими сериями; сварные узлы имеют обычно весьма большие размеры и толщину элементов до 100 мм (в некоторых случаях и значительно выше). Части уникальных машин могут иметь толщину, превышающую 1 м, и их изготовление в виде поковки или отливки либо невозможно, либо нецелесообразно. Расчленение таких деталей на более мелкие отливки или поковки значительно облегчает производство, тогда как сварка любых самых больших сечений электрошлаковым методом обычно особых затруднений не вызывает. Готовые

детали перед окончательной обработкой, как правило, проходят термообработку.

27.1. Технология изготовления станин прессов

При изготовлении станин тяжелых прессов сварные соединения обычно выполняют путем полного проплавления всей толщины присоединяемого элемента (рис. 27.1, а). Это позволяет получать сварные соединения с минимальной концентрацией напряжений при относительно простой подготовке элементов под сварку. Однако требуется проведение последующей термической обработки готового узла или изделия. Иногда ограничиваются минимальными размерами швов (рис. 27.2, б), но в этом случае производят плотную подгонку мест сопряжений листов и постановку разгрузочных заплечиков, штифтов, шипов и пазов. Дополнительные затраты на подгоночные работы компенсируются снижением трудоемкости сварочных работ. Кроме того, малый объем наплавленного металла позволяет обходиться без последующей термообработки конструкций.

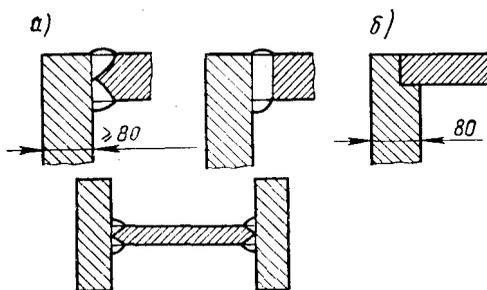


Рис. 27.1. Сварные соединения станин прессов, выполненных из толстолистового проката

На рис. 27.2 показана сварная станина пресса усилием 40000 кН. В этой конструкции основные элементы 1 и 2 — из толстолистового проката, массивная траверса 3 и труба 4 выполнены в виде стальной отливки и поковки соответственно.

Сварные соединения — стыковые, тавровые и угловые; большинство из них выполняют электрошлаковой сваркой. Угловые и тавровые соединения собирают с помощью косынок и диафрагм, стыковые — с помощью скоб. В местах, недоступных

для постановки формирующих медных охлаждаемых прокладок, применяют остающиеся стальные пластины. Последовательность выполнения сборочно-сварочных операций назначают так, чтобы концы каждого из швов, выполняемых электрошлаковой сваркой, можно было вывести за пределы тела детали. Поэтому общей сборке сложной детали обычно предшествуют сборка и сварка относительно простых узлов. При этом для уменьшения угловых сварочных деформаций желательно, чтобы каждый собранный под сварку узел имел замкнутое сечение.

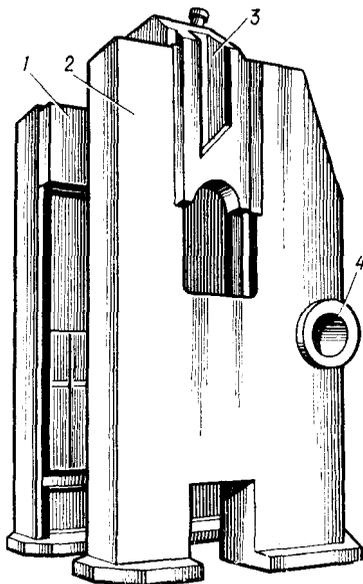


Рис. 27.2. Сварная станина пресса

Применительно к указанной станине последовательность и содержание основных сборочно-сварочных операций показаны на рис. 27.3. Первым узлом является тумба 1. Сначала в замкнутое сечение собирают ее боковые стенки; электрошлаковые швы (1) и (2) выполняют с полным проплавлением привариваемого элемента (рис. 27.3, а). Затем устанавливают горизонтальные листы тумбы и выполняют первые пары швов (3) и (4) (рис. 27.3, б). Участки первых пар швов, препятствующие установке карманов и выводу усадочных раковин вторых пар швов, удаляют из зазора газокислородной резкой.

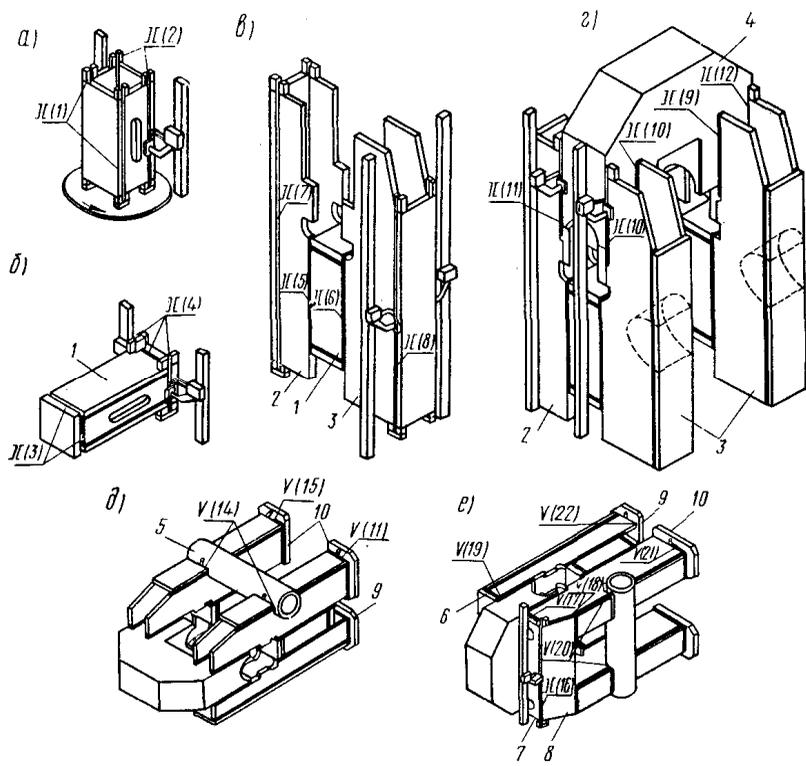


Рис. 27.3. Последовательность сборочно-сварочных операций при изготовлении станины пресса

Готовая тумба 1 входит в состав второго, более крупного узла—стойки (рис. 27.3, в). Замкнутое сечение образуют присоединением элементов полустоек 2 и 3; швы (5), (6), (7) и (8) выполняют электрошлаковой сваркой. Формирование корпуса станины завершают сборкой стоек с траверсой 4 и сваркой электрошлаковых швов (9), (10), (11) и (12) (рис. 27.3, г). Затем в полустойках 3 газокислородной резкой вырезают пазы под трубу 5. Образование пазов резкой не плоских заготовок, а уже сваренного узла с удалением части шва - прием, характерный для конструкций, выполняемых электрошлаковой сваркой. Целесообразность такого приема объясняется трудоемкостью подготовки и зачистки стыков в местах начала и конца каждого

шва. В этом случае выполнять длинный непрерывный шов с последующим удалением его части резкой выгоднее, чем два более коротких шва. Завершение сборки и сварки станины требует ряда кантовочных операций. Так, установка трубы 5 и лап 9 и 10, а также сварка полуавтоматом под флюсом многослойных швов (14) и (15) производятся в одном положении заготовки (рис. 10.3, д); установка крышек 6, 7 и 8, выполнение электрошлаковых швов (16) и многослойных швов (17), (18), (19), (20), (21) и (22) — в другом (рис. 10.3, е).

При изготовлении деталей тяжелых машин завершающими операциями являются послесварочная термическая и механическая обработки. Рамы в станины с толщиной свариваемых элементов более 100 мм, как правило, подлежат термообработке. При этом для деталей, эксплуатирующихся в условиях нормальных температур и изготовленных из сталей, сохраняющих высокие пластические свойства в зоне термического влияния, можно ограничиться проведением высокого отпуска. При более жестких условиях сварную деталь для улучшения свойств сварных соединений обычно перед высоким отпуском подвергают нормализации. Точность размеров станин и рам в основном обеспечивается последующей механической обработкой.

27.2. Технология изготовления валов турбин

Характерными примерами сварных валов большого размера могут служить валы крупных турбин. Конструкция валов гидравлических турбин проста — это массивная труба с одним или двумя фланцами. Заготовки обечайек обычно получают ковкой; заготовки фланцев — ковкой или иногда в виде стальных отливок. Так, валы ГЭС (рис. 27.4) выполнены из кованных заготовок из стали 25ГС.

На сборку среднего стыка обечайки 2 поступают после черновой механической обработки с припуском 20 мм на последующую механическую обработку по внешнему и внутреннему диаметрам. При сборке кольцевого стыка длинных валов необходимо предусматривать некоторый излом оси в месте стыка с целью компенсации неравномерной поперечной усадки по периметру шва. Поэтому сборку стыка под электрошлаковую сварку выполняют с переменным зазором: 33 мм под карманом для наведения сварочной ванны и 38 мм в плоскости, повернутой

на 90° от кармана в направлении вращения. После выполнения среднего стыка сваренные обечайки проходят высокий отпуск и подвергаются промежуточной механической обработке. Затем выполняют сборку и сварку стыков с фланцами 1 и 3. Чистовую механическую обработку производят после нормализации и высокого отпуска.

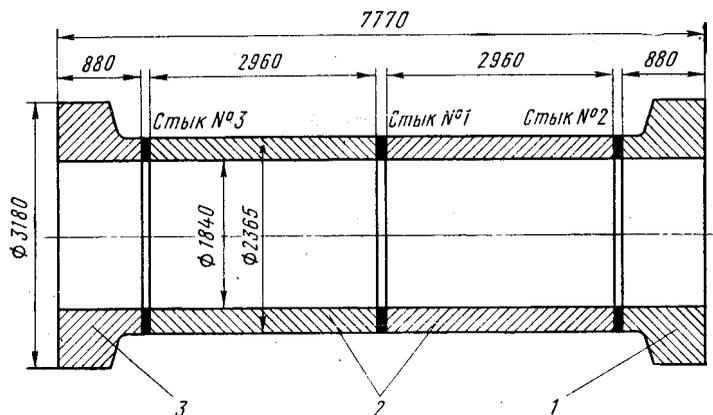


Рис. 27.4. Схема вала турбины

При выполнении кольцевых стыков с весьма большой площадью сечения трудно обеспечить непрерывность процесса электрошлаковой сварки от начала до заварки замка. Такая непрерывность необходима как из соображений качественного выполнения шва (при нарушении процесса неизбежно возникновение несплавления кромок и возможно образование трещин), так и соблюдения размера и направления ожидаемой сварочной деформации излома осей стыкуемых деталей. Так как сварка может длиться десятки часов, то возникает опасность отказа аппаратуры и прежде всего выхода из строя мундштуков, направляющих электродную проволоку в сварочную ванну. Сменить мундштуки без остановки процесса невозможно, поэтому для сварки кольцевых швов с большой площадью сечения используют специальную установку (рис. 27.5) с двумя дублирующими сварочными головками. При выходе работающей головки из строя её место немедленно занимает вторая головка и процесс сварки прерывается лишь на весьма непродолжительное время.

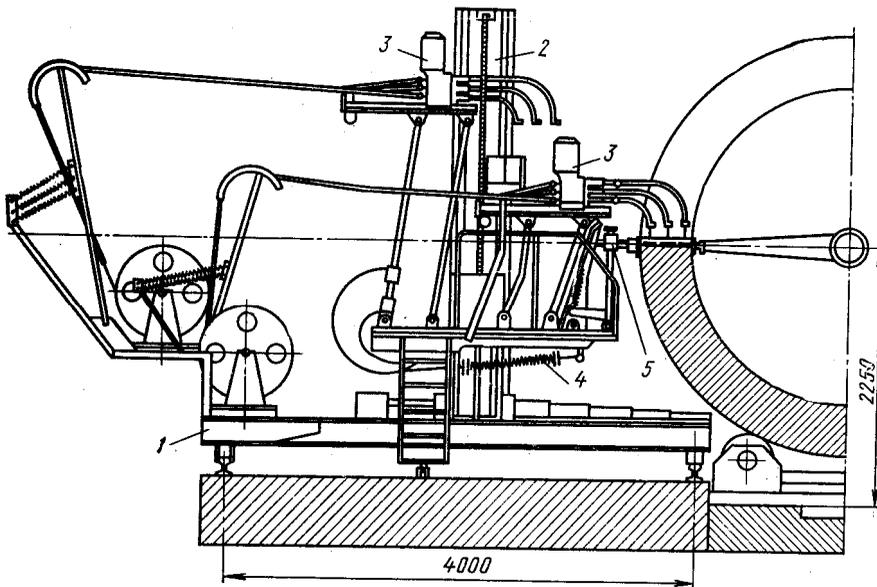


Рис. 27.5. Установка с дублирующими головками для электрошлаковой сварки кольцевых швов:

1 — тележка; 2 — колонна; 3 — сварочные головки; 4 — механизм переброса головок; 5 — подвеска крепления ползуна

Валы газовых и паровых турбин изготавливают из жаропрочных сталей, что затрудняет получение заготовок большого размера с помощью литья иковки. Поэтому крупные валы сваривают из поковок относительно небольшого размера и простой формы. Так, на рис. 27.6 показан ротор газовой турбины, составленный из отдельных дисков 4 и концевых частей 3 и 5.

При разработке конструкции и технологии изготовления подобных изделий основными требованиями являются жесткое ограничение сварочных деформаций искривления продольной оси ротора и получение надежного проплавления швов при их односторонней сварке. Необходимость соблюдения жесткого допуска на искривление продольной оси ротора от сварки вызывается наличием внутренних замкнутых полостей, смещение которых относительно оси вращения вызывает неуравновешенность. При высокой частоте вращения такая неуравновешенность совершенно недопустима, а устранить ее

трудно из-за недоступности внутренних полостей для механической обработки. Поэтому необходимы точная сборка и прецизионная технология сварки.

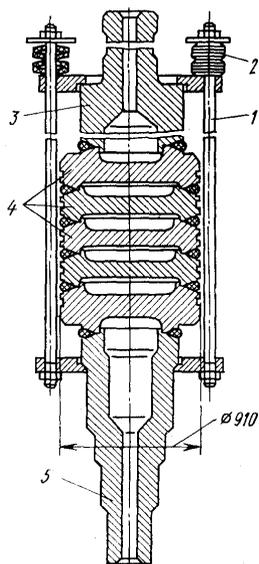


Рис. 27.6. Сварной ротор газовой турбины

Кованые заготовки дисков после механической обработки центрируются относительно друг друга направляющими поясками; требуемый размер зазора в разделке обеспечивается постановкой проставок. Собранные элементы плотно стягивают тягами 1 с компенсирующими усадку пружинами 2 и в вертикальном положении ротор подают на сварку.

Однопроходная сварка не может обеспечить симметрии сварочных деформаций из-за неравномерности поперечной усадки по периметру кольцевого шва, поэтому сварку выполняют многослойной. Полный провар в корне шва достигается специальной конструкцией разделки или применением остающихся кольцевых подкладок. Оригинальная конструкция стыка показана на рис. 27.7.

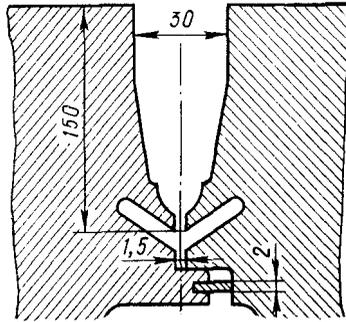


Рис. 27.7. Конструкция стыка кольцевого соединения вала ротора турбины

Посадочная ступенька у собираемых деталей и упорное кольцо из малоуглеродистой стали толщиной 2 мм обеспечивают высокую точность сборки ротора и необходимую податливость стыка при сварке. Это весьма важно для предупреждения образования трещин в соединении. Притупление разделки шва выбрано из условия получения полного провара корня шва. Специальные наклонные каналы уменьшают жесткость кромок при выполнении корневого слоя и тем самым предотвращают образование в нем трещин, а также обеспечивают лучшие условия для ультразвукового контроля сварного соединения. Первые слои швов выполняют при вращении ротора 3 от мотора 1 через редуктор 2 (рис. 27.8).

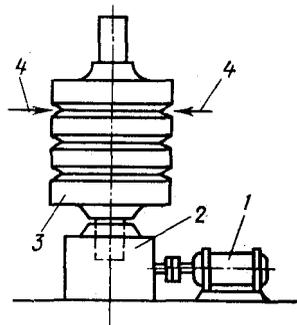


Рис. 27.8. Схема сварки ротора газовой турбины

Ротор 3 расположен вертикально, чтобы исключить влияние силы тяжести. Обеспечить симметрию сварочных деформаций можно, выполняя каждый корневой шов одновременно двумя или тремя симметрично расположенными сварочными головками 4 вольфрамовым электродом в аргоне. Затем в этом же положении ряд слоев укладывают плавящимся электродом в среде CO_2 . После заполнения той части разделки, которая необходима для обеспечения определенной жесткости ротора, он переносится в центровой вращатель с горизонтальным расположением оси и основную часть разделки заполняют многослойной сваркой под флюсом в нижнем положении. Такая технология позволяет предотвратить искривление настолько, что биение спаренного вала не превышает 0,5 мм на длине 5 м.

27.3. Технология изготовления рабочих колес турбин

Сварные колеса в тяжелом и энергетическом машиностроении достаточно разнообразны. Среди них рабочие колеса мощных гидротурбин выделяются как размерами, так и сложностью процесса изготовления. Так, например, рабочее колесо турбины ГЭС (рис. 27.9) имеет диаметр свыше 8 м.

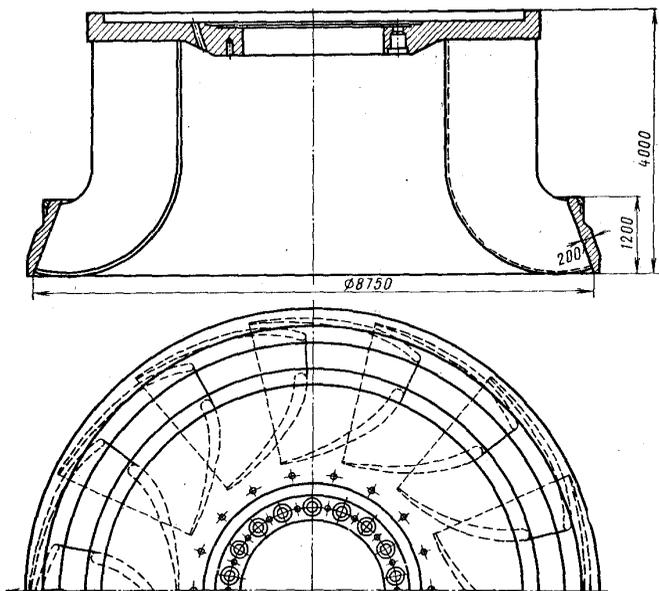


Рис. 27.9. Рабочее колесо турбины ГЭС

Рабочее колесо состоит из верхнего и нижнего ободов и лопастей. Последовательность и содержание основных этапов процесса изготовления показаны на рис. 27.10.

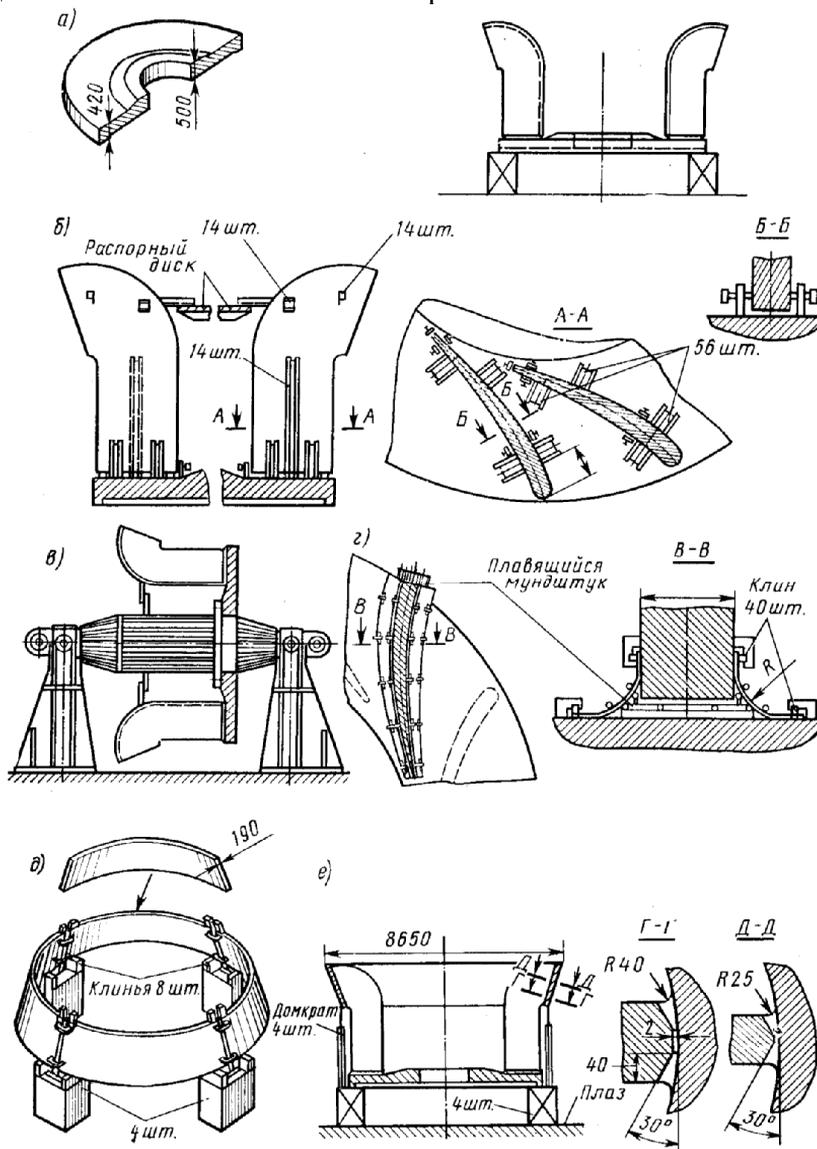


Рис. 27.10. Технология изготовления рабочего колеса турбины ГЭС

Рабочее колесо состоит из верхнего и нижнего ободов и лопастей. Последовательность и содержание основных этапов процесса изготовления показаны на рис. 27.10. Верхний обод выполнен из двух литых заготовок стали 20ГСЛ с максимальной толщиной 500 мм (рис. 27.10, а). Отливки проходят предварительную механическую обработку по всем поверхностям, за исключением поверхности по наружному диаметру. Затем заготовки собирают в кольцо и устанавливают в вертикальное положение под электрошлаковую сварку. Для компенсации неравномерности поперечной усадки по длине шва зазор в нижней части стыка задают в пределах 25... 27 мм, а в верхней — 50...54 мм. После сварки верхний обод подвергают высокому отпуску и передают на механическую обработку, где внутреннюю поверхность обода обрабатывают окончательно, а остальные поверхности — с припуском. Лопasti рабочего колеса выполняют кокильной отливкой из стали 20ГСЛ. Требуемую точность формы обеспечивают рубочными и наплавочными работами с проверкой по пространственному шаблону и последующей шлифовкой. Для повышения стойкости против кавитационного износа часть выпуклой поверхности лопастей облицовывают тонким слоем нержавеющей стали сваркой взрывом. После механической обработки торца, примыкающего к верхнему ободу, лопасти поступают на сборку.

Сборка начинается с разметки гладкой внутренней поверхности верхнего обода под установку лопастей по шагу и профилю. Лопasti последовательно устанавливают на верхний обод с соблюдением зазора в стыке (снизу 37 мм; сверху 47 мм) и закрепляют с помощью приварки скоб и технологических жесткоостей (рис. 27.10, б). Затем на верхнем ободе закрепляют ось с цапфами и с ее помощью собранный узел устанавливают на стойках специального кантователя (рис. 27.10, в). Этим обеспечивается возможность поворота узла в положение, удобное для выполнения каждого стыка электрошлаковой сваркой плавящимся мундштуком. Плавный переход от тела лопасти к телу верхнего обода задают соответствующей формой медных подкладок, охлаждаемых водой; их крепление с помощью клиньев показано на рис. 27.10, г. После сварки и высокого отпуска на карусельном станке производят обработку торцов лопастей под сопряжение с нижним ободом и подготовку кромок под К-образную разделку.

Нижний обод собран из четырех гнутых заготовок из проката стали 22К толщиной 190 мм (рис. 27.10, д). После попарного выполнения стыков электрошлаковой сваркой и высокого отпуска обод подвергают механической обработке с припуском 15 мм по внешнему диаметру на чистовую обработку. Общую сборку колеса производят, как показано на рис. 27.10, е. С помощью гидравлических домкратов нижний обод поднимают и вводят в сопряжение с кромками лопастей. Сварка производится одновременно несколькими сварщиками в среде CO_2 . Сваренное колесо проходит полный цикл термообработки — нормализацию и высокий отпуск, после чего выполняется окончательная механическая обработка.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит целесообразность использования электрошлаковой сварки при изготовлении деталей тяжелого и энергетического машиностроения?
2. На примере изготовления станины тяжелого прессы изложите последовательность сборочно-сварочных операций.
3. Какими соображениями определяется выбор метода выполнения кольцевых стыков при изготовлении валов турбин?
4. Какова последовательность сборочно-сварочных операций при изготовлении крупных колес гидротурбин осевого типа?

Лекция № 28

Серийное и крупносерийное производство деталей машиностроения

План:

- 28.1. Технология изготовления картеров блока дизеля
- 28.2. Технология изготовления колес автомобилей
- 28.3. Технология изготовления шкивов, барабанов, шестерен
- 28.4. Технология изготовления валов и осей
- 28.5. Технология изготовления тракторных катков

Большинство деталей машиностроения можно выполнить сварными из отдельных заготовок простой формы. Применительно к индивидуальному производству деталей тяжелых машин такой подход, как правило, оправдывается. Однако для деталей, выпускаемых в условиях серийного, а тем более

массового производства, целесообразность изготовления составной детали с помощью сварки не является бесспорной. Эта целесообразность существенно зависит от технологичности конструкции, т. е. от характера расчленения детали, метода получения заготовок, их обработки, удобства выполнения в трудоемкости сборочно-сварочных операций, возможности механизации и автоматизации процесса изготовления, искажения размеров и формы от сварки, необходимости и характера последующей термической и механической обработки. Эти соображения приобретают тем большее значение, чем выше серийность выпуска изделий.

28.1. Технология изготовления картеров блока дизеля

Примером серийного производства сварных станин значительных размеров может служить изготовление картеров блоков транспортных дизелей. То обстоятельство, что дизели определенной размерности, но разной мощности отличаются только числом цилиндров (8, 12, 16 и 20), позволило унифицировать заготовки, из которых собирают и сваривают картеры. Как видно из схемы (рис. 28.1, а), картер блока дизеля с V-образным расположением цилиндров составляется из литых стоек трех типов (передней, задней и промежуточной) с одинаковыми стыками между ними.

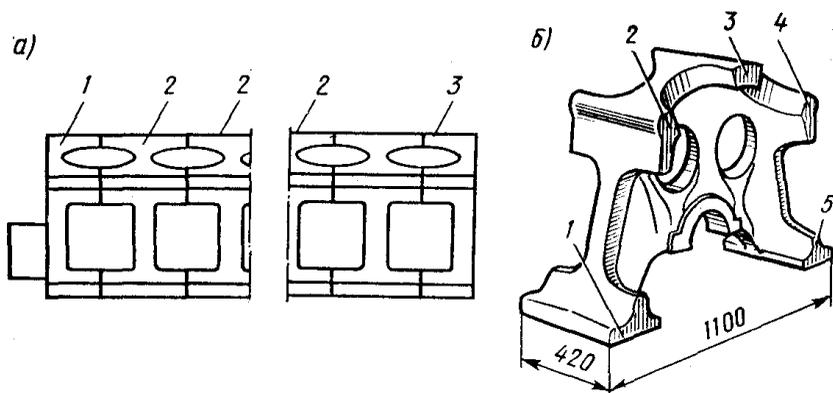


Рис. 28.1. Картер блока дизеля:

а — схема расчленения картера на переднюю 1, промежуточные 2 и заднюю 3 стойки; б — литая промежуточная стойка

В результате такой унификации количество одинаковых стыков, подлежащих сборке и сварке при производстве дизелей данного типа, увеличилось настолько, что стало экономически оправданным создание сложного и дорогого оборудования. Согласно разработанной ИЭС им. Е. О. Патона технологии стойки, отлитые из стали 20Л (рис. 28.1, б), последовательно присоединяют одна к другой контактной сваркой непрерывным оплавлением. Причем нижние лапы 1 и 5, боковые стенки 2 и 4 и верхнюю перемычку 3 сваривают одновременно (суммарная площадь сечения 50000 мм^2). Стойки поступают на сборку без предварительной механической обработки, суммарный припуск на оплавление одной стойки составляет 40 мм.

Специальный сборочно-сварочный комплекс К-579 обеспечивает механизацию операций приема стоек, подачи их в зону сварки, совмещения базовых поверхностей, перемещения после сварки на заданный шаг и выдачи изделия после выполнения заданного числа стыков. Механизмы этого комплекса смонтированы на раме 1 (рис. 28.2).

Подвижная часть машины включает колонны 9, 15 и траверсу 12. Колонны жестко соединены штангами 11, а между ними посредством гидропривода 14 может совершать возвратно-поступательное перемещение траверса 12. Перед началом работы колонны 9 и 15 отводятся цилиндром 17 в крайнее правое положение. Очередная загружаемая стойка 19 поступает сверху на правый приемный стол 18 колонны 9. Совершая возвратно-поступательные перемещения между колоннами 9 и 15, траверса 12 торцовыми упорами 10 поочередно досылает загружаемые стойки в рабочие зоны колонны 9 и неподвижного калибра 7, где производится сварка. Внутри калибра 7 и колонны 9 в нижней их части имеются приемные столы 18 и 20, поднятые в верхнее положение. После загрузки очередных стоек приемные столы опускаются и стойки своими основаниями 26 (сечение А—А) ложатся на нижние токоведущие губки 25. В калибре 7 размещены пять сварочных трансформаторов 8, токоведущие колодки которых гидроцилиндрами 27 и 28 прижимаются к свариваемым деталям. После загрузки очередной стойки траверса 12 отводится в исходное положение и жестко фиксируется относительно штанги 11 стопорами 13.

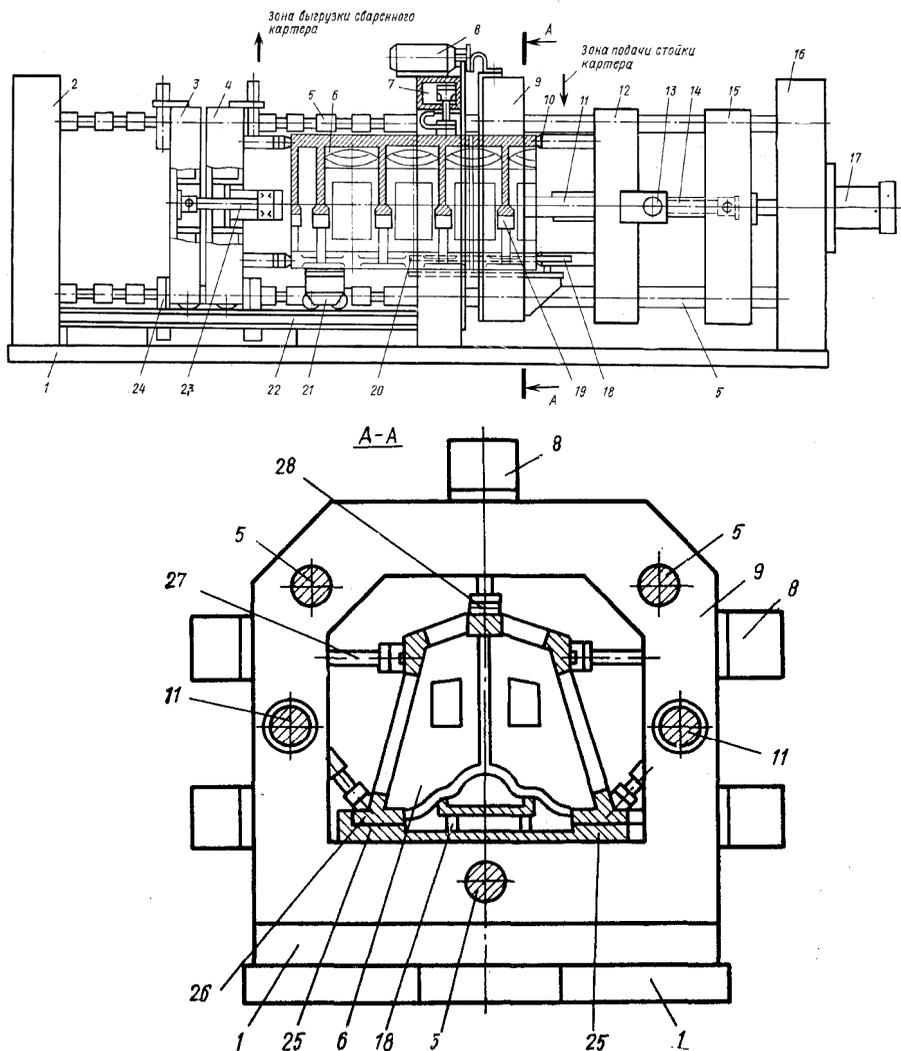


Рис. 28.2. Схема контактной машины для сборки и сварки картера блока дизеля

При оплавлении и осадки детали 9, 12 и 15 жестко соединены штангами 11 и перемещаются цилиндром 17 по направляющим 5, закрепленным по концам стойками 2 и 16. Усилие осадки воспринимается с одной стороны торцовыми

упорами 10 траверсы 12, а с другой — торцовыми изолированными упорами шагающего механизма, состоящего из двух траверс 3 и 4, шарнирно соединенных с гидроцилиндром 23. Каждая траверса снабжена механизмами фиксации 24 относительно направляющих 5 и может перемещаться по рельсовому пути 22. Между колонной 9 и шагающими механизмами 3, 4 расположена тележка 21 для фиксации картера блока. По мере приварки стоек картер блока 6 продвигается влево шаговым механизмом, а после завершения сварки и выгрузки картера шаговый механизм возвращается в правое исходное положение, продвигая перед собой тележку 21.

В процессе сварки стоек картера термический цикл и деформации всех пяти элементов стыка оказываются настолько близкими, что остаточные напряжения в направлении поперек стыка практически отсутствуют. Это позволяет обеспечить максимальную погрешность длины картера $\pm 2,5$ мм, расстояния между осями цилиндров ± 1 мм, смещения оси стоек в поперечном направлении не более 2 мм. Малые отклонения в размерах картера позволили намного уменьшить припуски на механическую обработку, а низкий уровень остаточных напряжений главного направления и однородность структуры сварных соединений позволили отказаться от отпуска картера после сварки. В условиях серийного производства эти особенности рассмотренной технологии являются весьма важными и обеспечивают значительный экономический эффект.

28.2. Технология изготовления колес автомобилей

Производство колес автомобилей, тракторов, комбайнов и другой транспортной техники отличается высоким уровнем автоматизации. На рис. 28.3 представлена последовательность операций, выполняемых в автоматической линии изготовления колес легковых автомобилей.

Холоднокатаная плоская лента из рулона (позиция 1) разматывается, правится, разрезается (2) и проходит гибку в завивочной машине (3), откуда свальцованные обечайки скатываются поочередно к одной из двух установок для контактной сварки (4). Здесь с помощью щупа осуществляются автоматический поиск стыка и его сварка. Далее у сваренных колец удаляется грат (5); обрабатываются торцы (6); снимаются фаски на кромках (7) и после принудительного охлаждения (8)

выполняется профилировка обода путем раскатки (9...12) с последующей калибровкой (13).

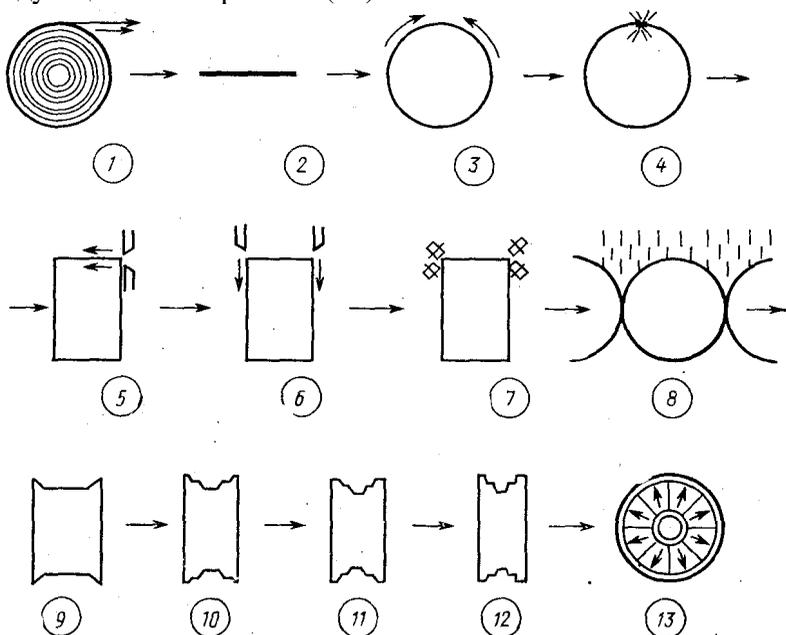


Рис. 28.3. Последовательность операций при изготовлении обода колеса автомобиля

Изготовление колеса завершается запрессовкой диска в обод и контактной сваркой на двух последовательно расположенных машинах, каждая из которых выполняет по четыре точки (рис. 28.4).

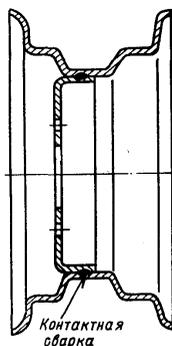


Рис. 28.4. Колесо легкового автомобиля

Колесо грузового автомобиля (рис. 28.5) также состоит из диска 1 и обода 2, но заготовкой обода служит профилированная полоса большей толщины.

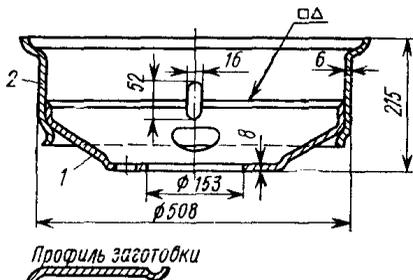


Рис. 28.5. Колесо грузового автомобиля

Диск запрессовывают в обод на прессе и сваривают угловым швом в среде CO_2 . Для этого собранное колесо подается с конвейера к подъемнику сварочного автомата (рис. 28.6), где пневмоцилиндр 1 рычагом 2 с вращающимся столиком 3 поднимает колесо 4 и прижимает его к фрикционному диску, задающему сварочную скорость вращения, для выполнения углового шва в положении «в лодочку» сварочной головкой 5.

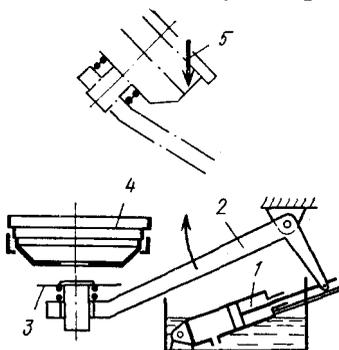


Рис. 28.6. Схема подачи колеса в зону сварки

28.3. Технология изготовления шкивов, барабанов, шестерен

Шкивы, барабаны и другие детали подобного типа обычно изготавливают с помощью дуговой сварки. При серийном производстве зубчатых колес сварку используют пока в ограниченной степени. В то же время экономичность выпуска

сварных блоков шестерен привода автомобилей и тракторов взамен цельных является очевидной. Однако использование готовых, термически обработанных заготовок предъявляет к сварке высокие требования к качеству соединения и точности размеров блока после сварки. Для этой цели используют электронно-лучевую сварку, позволяющую получать швы с глубоким и узким проплавлением при минимальных деформациях (рис. 28.7).

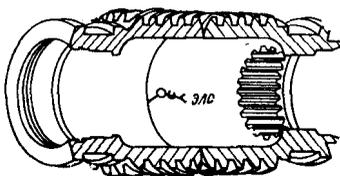


Рис. 28.7. Шестерни, соединенные электронно-лучевой сваркой

28.4. Технология изготовления валов и осей

Кольцевые швы, соединяющие заготовки валов, осей и роликов в условиях серийного производства, выполняют дуговой, контактной стыковой сваркой и сваркой трением.

Примером использования сварки трением для повышения технологичности конструктивного решения может служить полусь трактора (рис. 28.8).

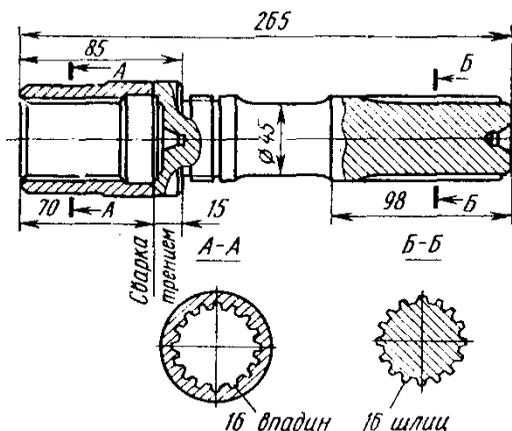


Рис. 28.8. Полуось трактора

Если полуось расчленить на две части, то внутренние шлицы можно обработать протяжкой. Сварка такой составной детали на стыковой контактной машине сопровождается опасностью повреждения шлицев сварочным гратом, а использование дуговой сварки — возможностью искажения прямолинейности оси от сварочных деформаций. Поэтому для изготовления таких осей используют сварку трением.

Другим примером целесообразности использования сварки трением является изготовление карданных валов. На рис. 28.9 показаны два варианта сварки карданного вала грузовой автомашины из двух концевых частей 1 и 2, полученных горячей штамповкой, и обрезка трубы 3. Одновременная сварка трением двух стыков (рис. 28.9, б) обеспечивает высокую производительность и сопровождается меньшими деформациями по сравнению с электродуговой сваркой в среде CO_2 (рис. 28.9, а). Кроме того, одновременная сварка трением двух стыков легко поддается автоматизации, обеспечивая при этом требуемую прямолинейность оси всего карданного вала.

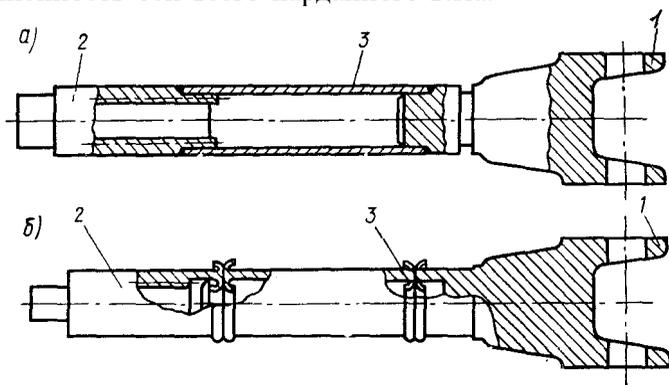


Рис. 28.9. Карданный вал:

а — сварные соединения выполнены сваркой в среде CO_2 ; б — сварные соединения выполнены сваркой трением

Для крупносерийного производства сварных деталей относительно простой формы и небольших размеров характерно использование сварочных и сварочно-сборочных полуавтоматических и автоматических станков. При изготовлении сварных деталей с круговыми швами малой протяженности

производительность станка существенно зависит от затрат времени на вспомогательные и установочные операции. С целью их сокращения стремятся совмещать операции во времени, выполняя однотипные кольцевые швы одновременно несколькими сварочными головками, используя поворотные многопозиционные приспособления барабанного типа.

При необходимости вращения детали относительно вертикальной оси (круговые, кольцевые, угловые швы) используют поворотный стол для установки и съема деталей и их вращения относительно неподвижной сварочной головки.

Примером такого станка для сварки круговых швов детали малого размера (рис 28.10) является полуавтомат, обеспечивающий одновременную сварку двух разных швов на позициях IV и VI поворотного стола (рис. 28.11, а) Периодический поворот планшайбы стола на 1/8 оборота осуществляется мальтийским механизмом.

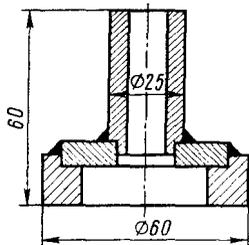


Рис. 28.10. Сварная деталь с двумя круговыми швами

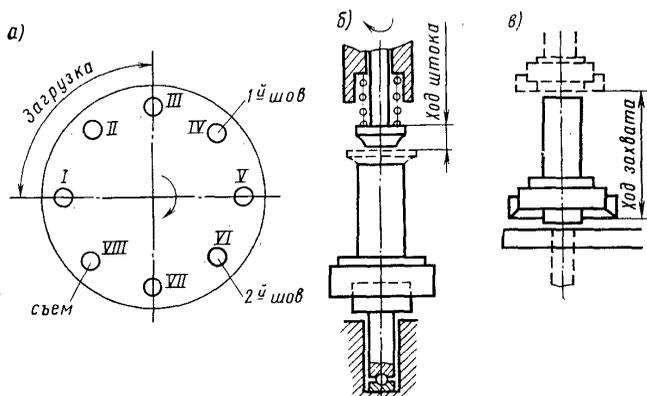


Рис. 28.11. Схемы узлов станка-полуавтомата:

а — поворотный стол; б — привод вращения детали; в — съём детали

Вращение деталей на сварочных позициях IV и VI достигается прижатием к каждой из них подпружиненных поверхностей постоянно вращающихся шпинделей (рис. 28.11, б). Частота вращения подбирается с помощью сменных шестерен, длительность цикла сварки составляет 14 ... 17 с. Привод движения всех механизмов станка осуществляется от одного непрерывно работающего электродвигателя.

В рассмотренных выше устройствах автоматизирована только сварочная операция, тогда как исключение ручного труда при сборке под сварку машиностроительных деталей простой формы и малого размера особенно целесообразно и относительно несложно, в особенности, если применяют такие методы сварки, как сварка трением. Так, при сборке и сварке клапана двигателя заготовками являются прутки для хвостовика и объемная штамповка - седло клапана. Заготовки поступают в бункерные устройства, ориентируются там, захватываются транспортирующими устройствами и попарно подаются в станок-автомат, осуществляющий их центровку, сварку и выдачу клапана на ленту транспортера для дальнейших операций.

28.5. Технология изготовления тракторных катков

Применительно к массовому производству однотипных деталей небольшого габарита определенный интерес представляют автоматы роторного типа, в которых рабочие инструменты имеются на всех позициях ротора и вращаются вместе с ним. Высокая производительность таких автоматов достигается одновременной обработкой нескольких изделий на позициях, расположенных в пределах рабочего сектора α_p (рис. 28.12).

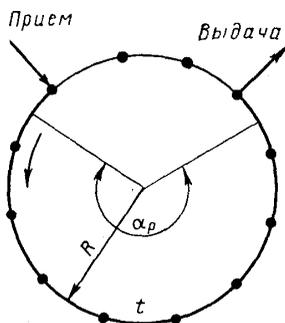


Рис. 28.12. Схема позиций автомата роторного типа

За время t (мин), необходимое для обработки одной детали, ротор поворачивается на угол α_p , а так как в пределах этого угла располагается n рабочих позиции, то роторный автомат за время t произведет n деталей. Таким образом, производительность роторного устройства возрастает прямо пропорционально числу позиций n , размещенных в пределах рабочего угла α_p .

По такой схеме работает станок-автомат для сборки тракторных катков из двух заготовок и сварки их кольцевым швом (рис. 28.13), созданный в ИЭС им. Е. О. Патова.

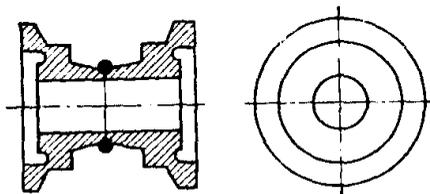


Рис. 28.13. Сварной каток трактора

Станок (рис. 28.14) располагают в линии механической обработки литых или горяче-штампованных заготовок. Предварительно обработанные половинки катков подаются в загрузочное устройство штучной выдачи заготовок. Наличие в заготовках обработанной поверхности отверстия позволяет автоматизировать не только сварочную, но и сборочную операцию без постановки прихваток.

Ротор оборудован четырехместной планшайбой со специальными устройствами для сборки, закрепления и вращения катка. Над каждым таким устройством (гнездом ротора) установлена сварочная головка 5 с катушкой электродной проволоки 7 и флюсоподающими трубками 6 и 8. Планшайба и кольцевая обойма со сварочными головками смонтированы на общем вертикальном валу и вращаются вокруг его оси, обеспечивая производительность 150 шт/ч при скорости сварки 1 м/мин.

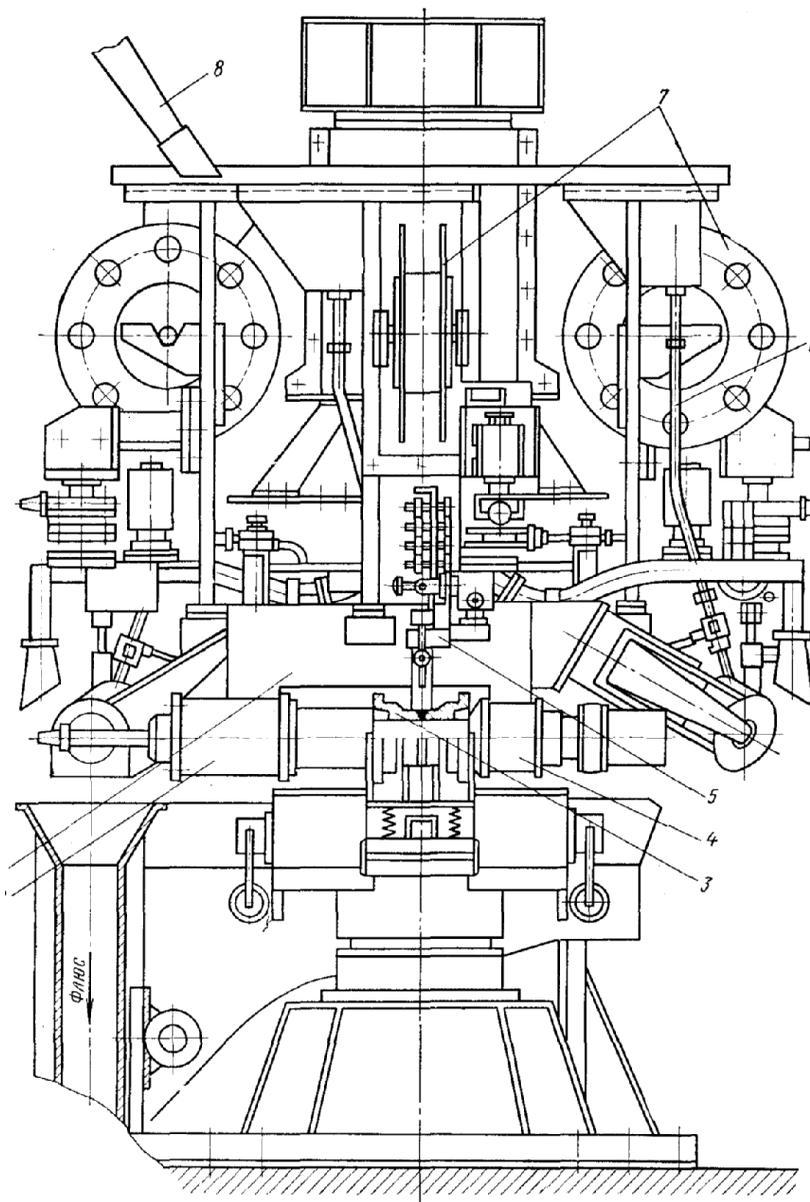


Рис. 28.14. Станок-автомат роторного типа для сборки и сварки катков трактора

Автомат работает следующим образом. Из загрузочного лотка 1 (рис. 28.15), снабженного системой отсекателей, обе заготовки одновременно поступают в приемную призму 12 манипулятора.

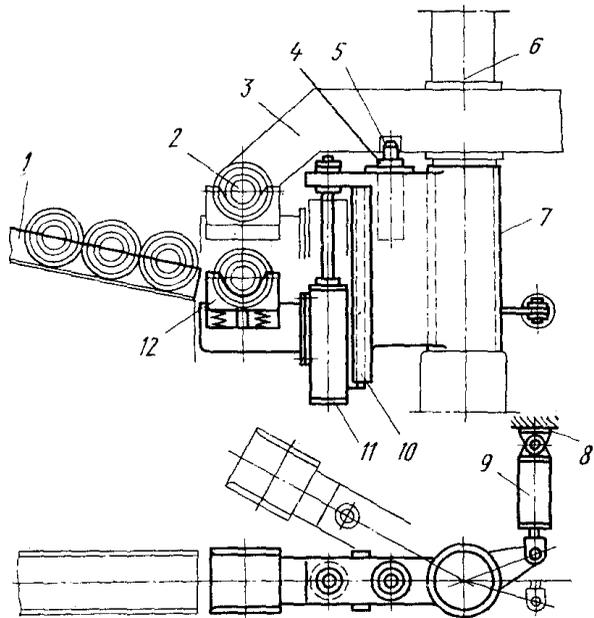


Рис. 28.15. Загрузочное устройство автомата роторного типа

Затем под действием пневмоцилиндра 4 фиксатор 5 входит в зацепление с ротором 3, после чего весь манипулятор 7 начинает поворачиваться совместно с ротором 3 вокруг оси вала 6. При этом пневмоцилиндр 11 по направляющим 10 подает призмы 12 вверх до уровня зажимных пинолей 2, центрирующих половины катка с прижатием их друг к другу. После этого цилиндр 11 опускает порожнюю призму 12; цилиндр 4 выводит из зацепления фиксатор 5 и весь манипулятор 7 возвращается в исходное положение пневмоцилиндром 9, закрепленным на станине. Далее включается сварочный вращатель с приводной 2 и холостой 4 бабками и начинается процесс сварки. При этом ротор 1 и изделие 3 непрерывно и равномерно вращаются относительно своих осей. После того как свариваемый каток совершит полный оборот вокруг своей оси, сварка прекращается и изделие на ходу выгружается.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит достоинство технологии изготовления блоков картеров дизелей с использованием специального оборудования для стыковой контактной сварки?
2. Как выполняются автоматическая сборка и прихватка крышки и усиливающего кольца в автоматической линии изготовления картера заднего моста грузовой автомашины?
3. Каковы различия в конструкции и технологии изготовления колес легковых и грузовых автомашин?
4. На примере машины для сварки трением карданных валов покажите, как обеспечивается полная автоматизация сборочно-сварочной операции.
5. В чем состоят преимущества использования роторного принципа построения автоматических станков и линий для выполнения сборочно-сварочных операций?

Лекция № 29

Технология изготовления деталей приборов

План:

- 29.1 Технология изготовления мембран и сильфонов
- 29.2. Технология изготовления полупроводниковых приборов

В сварных деталях приборов используют самые разнообразные материалы и их сочетания при толщине элементов от нескольких нанометров до нескольких миллиметров. Это корпуса приборов, чувствительные упругие элементы, детали микросхем и др. Производство таких деталей обычно имеет массовый характер (миллионы штук в год). Ввиду малых размеров сечений свариваемых элементов широкое применение находят термокомпрессионная, контактная конденсаторная, микроплазменная, электронно-лучевая, лазерная и другие виды сварки, характеризующиеся крайне локальным подведением теплоты.

29.1 Технология изготовления мембран и сильфонов

Упругие чувствительные элементы давления (мембраны, сильфоны) изготавливают обычно из бронзы (бериллиевой или фосфористой) или из нержавеющей стали толщиной 0,05...0,3 мм, подвергнутой нагартовке для создания определенных упругих

характеристик. К сварным соединениям этих элементов предъявляют требования прочности и герметичности. Сваривают эти элементы аргонодуговой, микроплазменной, электронно-лучевой или контактной сваркой, принимая меры по ограничению сварочного разогрева. На рис. 29.1 показан сиффон, изготовленный путем сварки оплавлением отбортовок штампованных мембран по наружным и внутренним контурам.

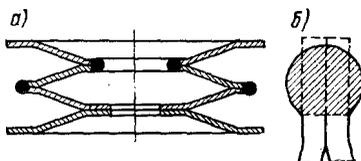


Рис. 29.1. Сварной сиффон:
 а - конструкция сиффона; б — соединение, полученное оплавлением отбортовки

Для плотного прижатия свариваемых кромок, уменьшения общего нагрева изделия и предотвращения прожогов используют сварочные приспособления «холодильники» в виде медных дисков (рис. 29.2).

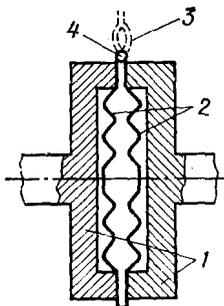


Рис. 29.2. Схема аргонодуговой сварки мембраны:
 1 — зажимы-холодильники; 2 — элементы мембраны; 3— сварочная дуга; 4—шов

Сварку обычно производят токами силой в несколько ампер с сопловой защитой зоны шва или с применением стеклянных накладных микрокамер для уменьшения сдувания аргона. В случае приварки сиффона к фланцу для прижатия тонкостенной детали и теплоотвода от места сварки используют массивную

разжимную оправку, а для уравнивания толщин соединяемых элементов создают канавки 1 (рис. 29.3).

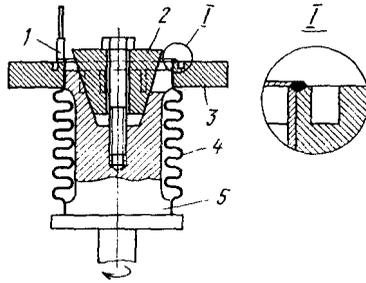


Рис. 29.3. Сварка сиффона с фланцем:
1— дуга; 2— разжимающий конус; 3 — фланец; 4 — сиффон; 5 — оправка-холодильник

Несколько иная конструкция соединения сиффон с деталями арматуры показана на рис. 29.4.

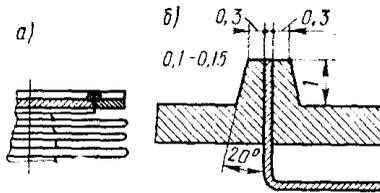


Рис. 29.4. Соединение сиффона с деталями арматуры:
а - общий вид соединения; б — подготовка кромок

При шовной контактной сварке (рис. 29.5) нагрев значительно меньше, поэтому «холодильники» могут не применяться, но требуется специальное приспособление для закрепления синхронного вращения детали 1 в роликах электрода 2, предназначенного для определенного типоразмера изделия.

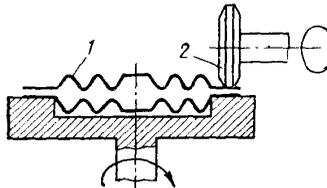


Рис. 29.5. Контактная сварка мембранного чувствительного элемента

29.2. Технология изготовления полупроводниковых приборов

Сварку широко используют при изготовлении полупроводниковых приборов. Основными элементами этих приборов (рис. 29.6) являются: основание корпуса 3, подложка интегральной схемы 5, закрепляемая на основании с помощью клея 6, металлические выводы 1, изоляторы 2 и крышка 4.

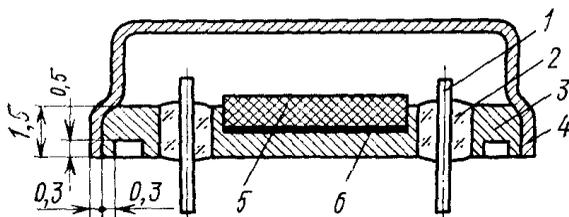


Рис. 29.6. Элементы микросхемы

Закрепление кристаллов на подложке осуществляют пайкой. На рис. 29.7, а показана схема пайки эвтектическим сплавом золото-кремний. Кристалл 1 с помощью вакуумного захвата подается на основание корпуса 4 (рис. 29.7, б) и пайка выполняется путем совместного воздействия температуры, давления и механических колебаний промышленной или ультразвуковой частоты.

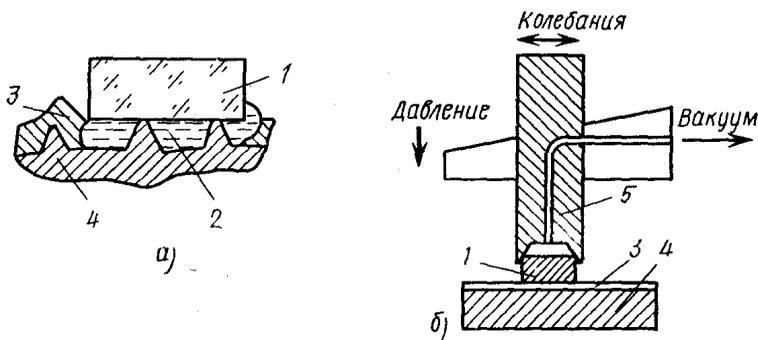


Рис. 29.7. Схема соединения полупроводникового кристалла с основанием керамического корпуса:

1 — кристалл; 2 — эвтектика; 3 — золотое покрытие; 4 — основание корпуса; 5 — вакуумный захват

Присоединение электродных выводов выполняют термокомпрессионной сваркой без расплавления, нагревая зону соединения с помощью нагревателя или пропуская ток через инструмент. Используют две схемы такого процесса. По первой схеме (рис. 29.8, а) с помощью пламени водородной горелки 4 на конце электродной проволоки 1, проходящей через капилляр 3, образуется шарик 5. Деформация этого шарика при ходе капилляра вниз обеспечивает развитый и надежный контакт электродного вывода 6 с кристаллом 7. Второй конец вывода 6 присоединяется к контактной площадке 8 корпуса 9 внахлестку. После этого приподнимают капилляр, фиксируют положение проволоки зажимом 2 и пламенем горелки обрезают проволоку (рис. 29.8, б), образуя при этом два шарика, один из которых остается в виде «хвостика», а другой используется при выполнении следующего цикла сварки.

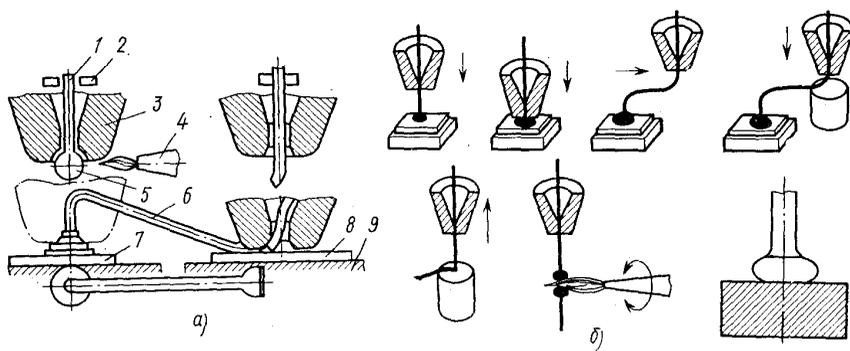


Рис. 29.8. Последовательность переходов при термокомпрессионной сварке с образованием шарика

По второй схеме (рис. 29.9, а) электродная проволока 1 подается в зону сварки через отверстие в инструменте 2, ее отогнутый конец ходом инструмента вниз прижимается и приваривается к кристаллу 3. Затем движением инструмента вправо проволока вытягивается из него и повторно приваривается к контактной площадке 4 корпуса 6. После отхода инструмента 2 вверх проволока обрезается движением ножа 5 с отгибом ее конца с целью подготовки под сварку на следующей операции. В

нижней части (рис. 29.9, а) показана форма соединений 7 при виде сверху, а на рис. 29.9, б — последовательность переходов.

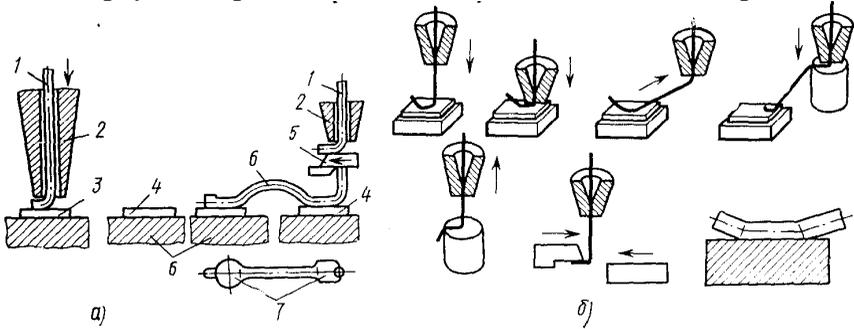


Рис. 29.9. Последовательность переходов при термокомпрессионной сварке без образования шарика

Микроконтактную сварку (рис. 29.10) используют для приварки выводов толщиной свыше 20 мкм. Двусторонняя сварка (рис. 29.10, а) применяется редко. Односторонняя сварка более удобна для тонких элементов, она может выполняться либо двумя электродами (рис. 29.10, б), либо сдвоенным (рис. 29.10, в) или строенным электродом (рис. 29.10, г).

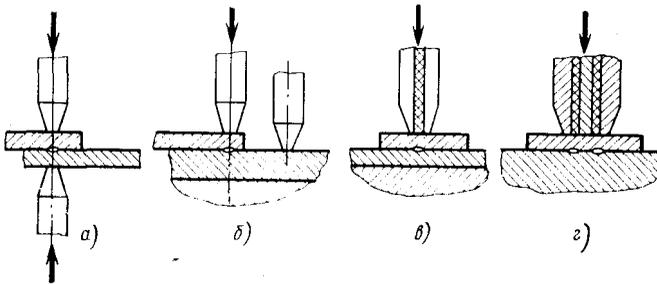


Рис. 29.10. Схемы контактной микросварки при присоединении электродных выводов

Применительно к изготовлению пленочных микросхем используется контактная микросварка, схема которой показана на рис. 29.11.

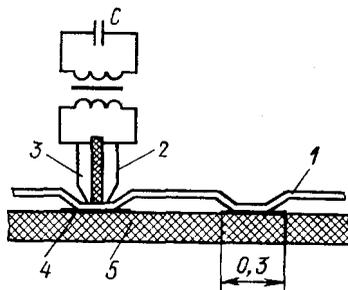


Рис. 29.11. Схема микросварки при изготовлении пленочных микросхем:

1—проводник; 2, 3—электроды; 4 - слой напыленного металла; 5— диэлектрическая подложка

При изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных схем выполнение операций сварки сопряжено со специфическими трудностями, связанными с необходимостью точного совмещения сварочного инструмента с контактной площадкой. Требуемые микроперемещения обеспечивают путем оснащения сварочных машин прецизионными координатными столбиками.

Одним из путей автоматизации сборки полупроводниковых приборов и интегральных микросхем является использование ленты-носителя, служащей не только транспортирующим элементом, но и основой конструкции прибора.

При изготовлении полупроводниковых приборов приварка герметизирующих корпусов является одной из заключительных операций, направленной на обеспечение работоспособности интегральной микросхемы в процессе хранения и длительной эксплуатации.

Так как собранный и проверенный прибор имеет весьма чувствительный к нагреву кристалл с выводами, то тепловое воздействие процесса сварки должно быть минимальным. Операция герметизации металлических корпусов может выполняться лазерной сваркой путем выполнения непрерывного шва по линии стыка крышки с корпусом. Схема на рис. 29.12, а предусматривает закрепление корпуса, совмещенного с крышкой, в оправке, перемещающейся со сварочной скоростью под соплом сварочной установки.

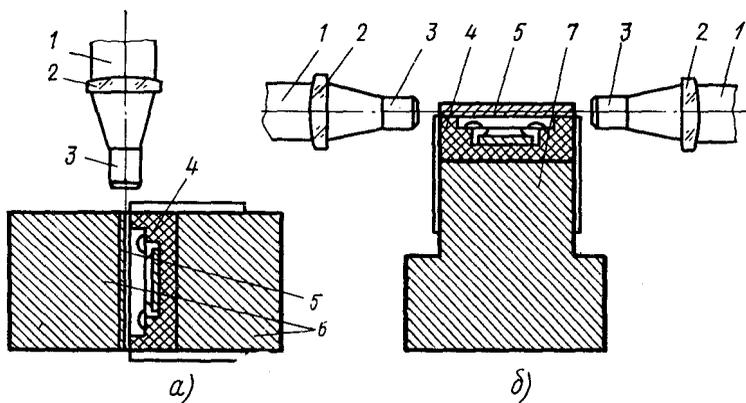


Рис. 29.12. Схемы герметизации лазерной сваркой:

1 — лазерный пучок; 2 — линза; 3 — сопло; 4 — корпус интегральной микросхемы; 5 — крышка; 6 — оправка для крепления корпуса, совмещенного с крышкой; 7 — столик

Затем оправка поворачивается на 180° и цикл повторяется. При последующих циклах осуществляется сварка остальных сторон крышки и корпуса. Согласно схеме на рис. 29.12, б, корпус с крышкой устанавливают на столике двухлучевой лазерной установки с горизонтальным расположением рабочих органов. После прохождения столика между ними корпус с крышкой поворачивается на угол 90° и цикл повторяется.

Высокую производительность при сварке корпусов любой формы обеспечивает использование контактной конденсаторной сварки. Взаимная центровка соединяемых элементов осуществляется сварочными электродами 1 и 3 (рис. 29.13, а, б). С целью обеспечения надежной герметизации в зоне контакта применяют крышки 2 с наклонным фланцем или создают рельеф (рис. 29.13, в, г).

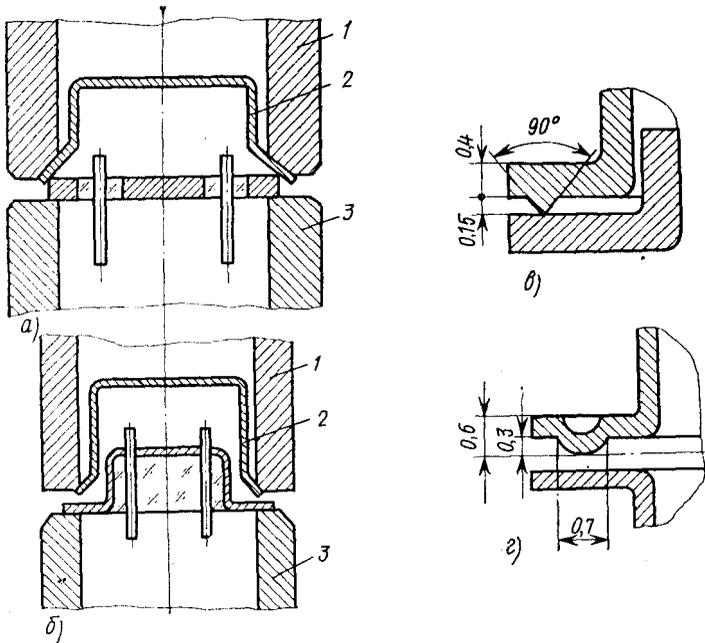


Рис. 29.13. Приемы герметизации корпусов приборов контактной конденсаторной сваркой

При использовании корпусов приборов из пластических масс возможна их герметизация холодной сваркой, достоинством которой является отсутствие разогрева элементов микросхем. При односторонней сварке (рис. 29.14, а) преимущественно деформируется одна из соединяемых деталей, при двусторонней — обе (рис. 29.14, б).

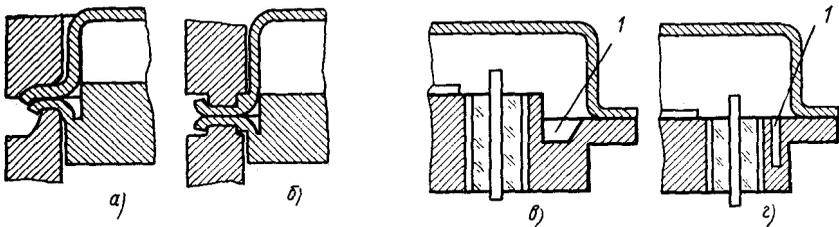


Рис. 29.14. Приемы герметизации корпусов приборов холодной сваркой

Значительное развитие пластических деформации корпуса при такой сварке нежелательно. С целью снижения остаточных напряжений и исключения повреждений кристаллов, выводов и изоляторов в зоне фланцев обычно предусматривают специальные разгрузочные канавки 1 (рис. 29.14, в, г).

Контрольные вопросы:

1. Каковы приемы сборки и сварки упругих элементов приборов?
2. Как осуществляют закрепление кристаллов и присоединение выводов в элементах интегральных микросхем?
3. Какие требования предъявляют к методам сварки при герметизации корпусов приборов и как они осуществляются?

ЛИТЕРАТУРА

1. Абралов М.А., Дуняшин Н.С., Абралов М.М., Эрматов З.Д. Эритиб пайвандлаш технологияси ва жиҳозлари. - Ташкент: Ворис, 2007.
2. Баранов М.С. Технология производства сварных конструкций. - М.: Машиностроение, 1966
3. Винокуров В.А., Куркин С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности. – М.: Машиностроение, 1996
4. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1989
5. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987
6. Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. Технология, автоматизация и механизация производства сварных конструкций. Атлас чертежей. – М.: Высшая школа, 1989
7. Козулин М.Г. Технология электрошлаковой сварки в машиностроении: Учебное пособие. Тольятти: ТолПИ, 1994
8. Куркин С. А., Николаев Г. А. Сварные конструкции: Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве. - М.: Высшая школа, 1991
9. Маслов В.И. Сварочные работы. - М.: Издательский центр «Академия», 1999
10. Рыжков Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении – М.: Высшая школа, 1980
11. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. - М.: Машиностроение. 1978- 1979
12. Сварка и резка в промышленном строительстве. /Б.Д. Малышев, А.И. Акулов, Е.К. Алексеев и др.; Под ред. Б.Д. Малышева. - М.: Стройиздат, 1989
13. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие/ М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; Под ред. Ю.В. Казакова. - М.: Издательский центр «Академия», 2001
14. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. II. Технология и оборудование. Справ. изд./Под. ред. В.М. Ямпольского. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998
15. www.svarka.ru

Содержание

Лекция № 16. Технология изготовления негабаритных емкостей и сооружений	3
16.1. Общие сведения о негабаритных емкостях и сооружениях.....	3
16.2. Изготовление боковых стенок и днищ емкостей и сооружений методом рулонирования.....	5
16.3. Изготовление боковых стенок емкостей и сооружений методом наворачивания.....	15
16.4. Изготовление емкостей и сооружений полистовым методом.....	15
Лекция № 17. Технология изготовления негабаритных емкостей и сооружений	16
17.1. Изготовление крыш емкостей и сооружений.....	16
17.2. Изготовление сферических резервуаров и газгольдеров... ..	19
17.3. Изготовление негабаритных сооружений оболочкового типа.....	23
Лекция № 18. Технология изготовления тонкостенных сосудов, работающих под давлением	30
18.1. Общие сведения о тонкостенных сосудах, работающих под давлением.....	30
18.2. Общие сведения об изготовлении тонкостенных сосудов, работающих под давлением.....	32
18.3. Крупносерийное производство тонкостенных сосудов, работающих под давлением.....	37
Лекция № 19. Технология изготовления сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины ..	39
19.1. Общие сведения о сосудах, работающих под давлением, со стенками средней толщины.....	39
19.2. Общие сведения об изготовлении сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины.....	41
19.3. Серийное производство сосудов, работающих под давлением, со стенками средней толщины.....	45
Лекция № 20. Технология изготовления толстостенных сосудов, работающих под давлением	48
20.1. Общие сведения о толстостенных сосудах, работающих под давлением.....	48

20.2. Общие сведения об изготовлении толстостенных сосудов, работающих под давлением.....	50
20.3. Изготовление многослойных сосудов, работающих под давлением.....	56
Лекция № 21. Технология изготовления сварных труб.....	60
21.1. Общие сведения об изготовлении сварных труб.....	60
21.2. Технология изготовления прямошовных труб.....	60
21.3. Технология изготовления спирально-шовных труб.....	64
21.4. Технология изготовления труб сваркой токами высокой частоты.....	70
21.5. Технология изготовления плосковорачиваемых труб.....	72
Лекция № 22. Сварка стыков труб и трубопроводов.....	73
22.1. Выполнение стыков магистральных трубопроводов.....	73
22.2. Выполнение стыков заводских трубопроводов.....	78
Лекция № 23. Технология изготовления штампованных изделий оболочкового типа.....	80
23.1. Технология изготовления топливных баков автомобиля..	81
23.2. Технология изготовления отопительных радиаторов.....	83
Лекция № 24. Технология изготовления корпусных транспортных конструкций.....	86
24.1. Общие сведения об корпусных транспортных конструкциях.....	86
24.2. Технология изготовления пассажирских вагонов.....	87
24.3. Технология изготовления электровагонов.....	90
24.4. Технология изготовления грузовых вагонов.....	92
Лекция № 25. Технология изготовления корпусных транспортных конструкций.....	98
25.1. Общие сведения о технологии изготовления корпусов судов.....	98
25.2. Серийное производство судов.....	103
Лекция № 26. Технология изготовления корпусных транспортных конструкций.....	106
26.1. Общие сведения о технологии изготовления кузовов автомобилей.....	106
26.2. Автоматические линии для изготовления кузовов автомобилей.....	108
Лекция № 27. Мелкосерийное производство деталей тяжелого и энергетического машиностроения.....	113

27.1. Технология изготовления станин прессов.....	114
27.2. Технология изготовления валов турбин.....	117
27.3. Технология изготовления рабочих колес турбин.....	122
Лекция № 28. Серийное и крупносерийное производство деталей машиностроения.....	125
28.1. Технология изготовления картеров блока дизеля.....	126
28.2. Технология изготовления колес автомобилей.....	129
28.3. Технология изготовления шкивов, барабанов, шестерен...	131
28.4. Технология изготовления валов и осей.....	132
28.5. Технология изготовления тракторных катков.....	135
Лекция № 29. Технология изготовления деталей приборов....	139
29.1. Технология изготовления мембран и сильфонов.....	139
29.2. Технология изготовления полупроводниковых приборов..	142
Литература.....	149

Редактор Ахметжанова Г.М.