

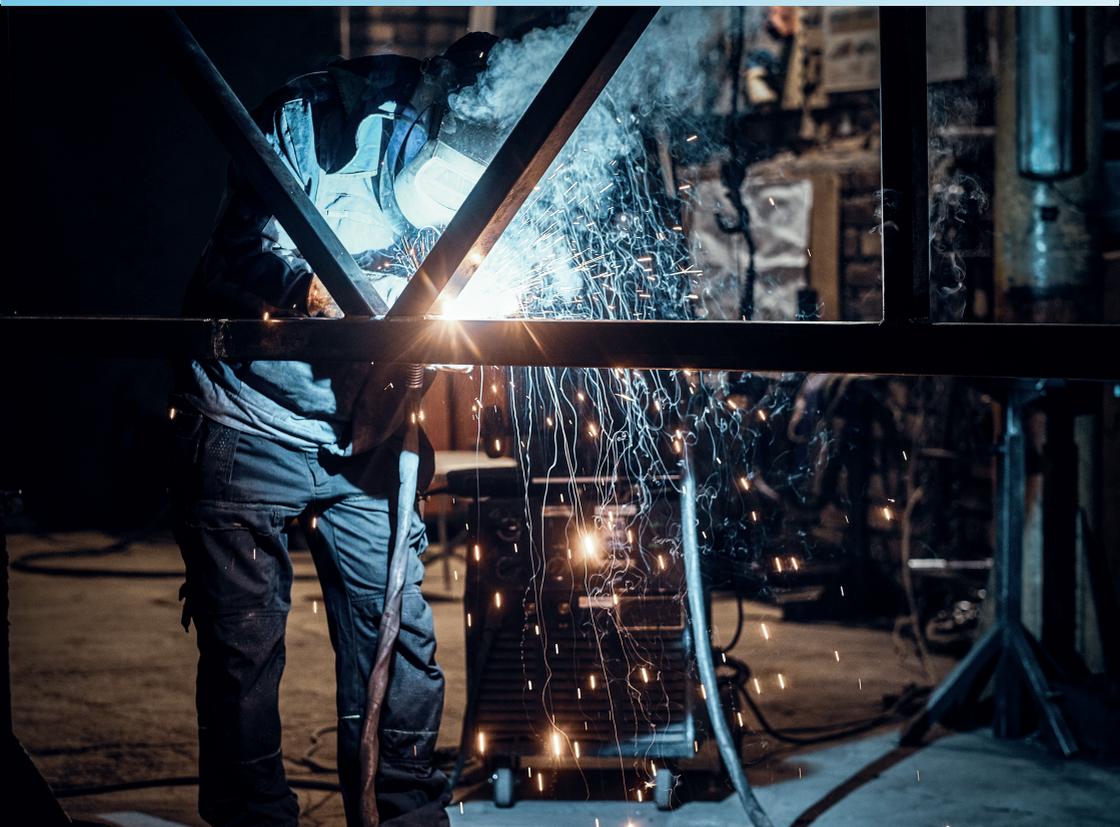


тольяттинский
государственный
университет

К.В. Моторин

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет

К.В. Моторин

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Учебное пособие

Тольятти
Издательство ТГУ
2025

УДК 621.791.05(075.8)+62-112.81(075.8)

ББК 34.641я73

М855

Рецензенты:

канд. техн. наук, руководитель испытательного центра Общества с ограниченной ответственностью «Средневожский сертифика-

ционно-диагностический центр „Дельта“» *А.И. Смирнова*;

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» Тольяттинского государственного университета *А.Л. Федоров*.

М855 Моторин, К.В. Технология производства сварных конструкций : учебное пособие / К.В. Моторин. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2025. – 106 с. – ISBN 978-5-8259-1741-2.

Приведенные в пособии сведения позволят грамотно и обоснованно провести выбор и использование наиболее приемлемого способа сварки для изготовления конкретной сварной конструкции. Пособие позволит последовательно, по операциям, составить технологический процесс производства или ремонта изделия.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение», направленность (профиль) «Оборудование и технология сварочного производства», очной и заочной форм обучения.

УДК 621.791.05(075.8)+62-112.81(075.8)

ББК 34.641я73

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© Моторин К.В., 2025

ISBN 978-5-8259-1741-2

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2025

ВВЕДЕНИЕ

Ни одно машиностроительное производство не обходится без применения сварных конструкций из различных материалов и различной сложности. Со времен изобретения Н.Н. Бенардосом в 1883 г. процесса сварки без нее не обходится ни изготовление, ни ремонт металлических изделий. С годами учеными и производственниками создан и накоплен большой опыт по разработкам и изготовлению различных сварных конструкций. Конструкции сильно отличаются по габаритам, по толщине, по применяемым материалам, что требует применения различных своеобразных операций, приспособлений и устройств [1; 2].

Изготовление сложных сварных конструкций, имеющих пересекающиеся сварные швы различной толщины и протяженности, требует предварительного изучения физических, химических и металлургических свойств свариваемого металла. Одной из основных сложностей процесса является изменение свойств металла тепловым воздействием: от простого нагрева до расплавления. Поэтому при изготовлении металлических конструкций необходимо учитывать законы физики — при нагревании тела расширяются, а при охлаждении сужаются, что приводит к изменению геометрических размеров как исходных зазоров перед сваркой, так и размеров самого изделия [4].

Необходимо также учитывать изменения, которые происходят в результате прохождения металлургических процессов по перемещению металла и его усадке при охлаждении.

Немаловажно учитывать образующиеся от расплавления в сварном шве и в околошовной зоне напряжения, нередко приводящие к деформациям всей конструкции, а иногда даже к поломке в сварном шве или в основном металле [5].

Многообразие разновидностей сварных конструкций приводит к необходимости их классификации, что позволяет лучше изучить и использовать их особенности при изготовлении.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. Виды сварных конструкций

Изготавливаемые сварные конструкции классифицируются по нескольким признакам:

- по целевому назначению – вагонные, судовые, авиационные и т. п.;
- по методу получения заготовок – листовые, сортопрофильные, сварно-литые, сварно-штампованные конструкции;
- по толщине свариваемых элементов – тонкостенные, толстостенные;
- по применяемым материалам – стальные, алюминиевые и т. д.

Кроме этого, сварные конструкции разделяют на несколько типов: решетчатые, оболочковые, корпусные, балки, детали машин, приборов.

Решетчатые конструкции – выполненные из профильного проката (например, лист-Л) или труб (Т). К ним относятся *фермы* (рис. 1.1, 1.2), *мачты* (рис. 1.3), *колонны*, *арматурные сетки* и *каркасы*. Стержни этих конструкций испытывают растяжение или сжатие, а иногда сжатие с продольным изгибом. Арматурные сетки применяются при изготовлении железобетонных изделий, таких как плиты, панели, фундаментные блоки.

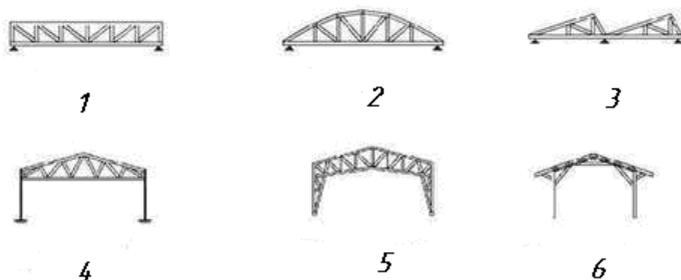


Рис. 1.1. Виды ферм: 1 – ферма-балка с параллельными поясами; 2 – арочная ферма; 3 – шедовая ферма; 4 – порталная ферма с защемлением; 5 – двухшарнирная порталная ферма; 6 – порталная ферма



а



б



в

Рис. 1.2. Конструкции с применением ферм:
а – пешеходный мост; *б* – железнодорожный мост; *в* – навес

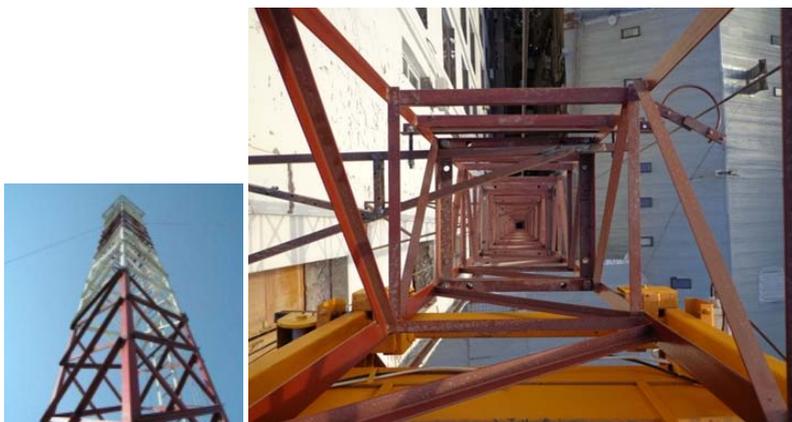


Рис. 1.3. Мачты

Балки (рис. 1.4) бывают таврового, двутаврового, коробчатого или другого сечения, применяются в мостовых кранах, в строительных колоннах, в пролетных балках мостов и т. п., нагруженных в основном на поперечный изгиб. Если несколько балок соединить сваркой или клепкой, то они образуют рамные конструкции.

Оболочковые конструкции разделяются на два типа: 1) работающие на избыточном давлении – *автоклавы* (рис. 1.5), *сосуды*, *трубопроводы*, *резервуары*, *емкости*; 2) испытывающие знакопеременные нагрузки – *трубные мельницы*, *корпуса вращающихся печей* (рис. 1.6), *барбанов*.

К **корпусным транспортным конструкциям** относятся корпуса судов, самолетов, ракет, вагонов, кузовов автомобилей, которые испытывают динамические нагрузки.

Детали машин, приборов испытывают переменные, многократно повторяющиеся нагрузки. Такими конструкциями являются валы (*гидротурбины*, *теплоходы*, *станки*), *станины*, *сильфоны*, *мембраны* и т. п.

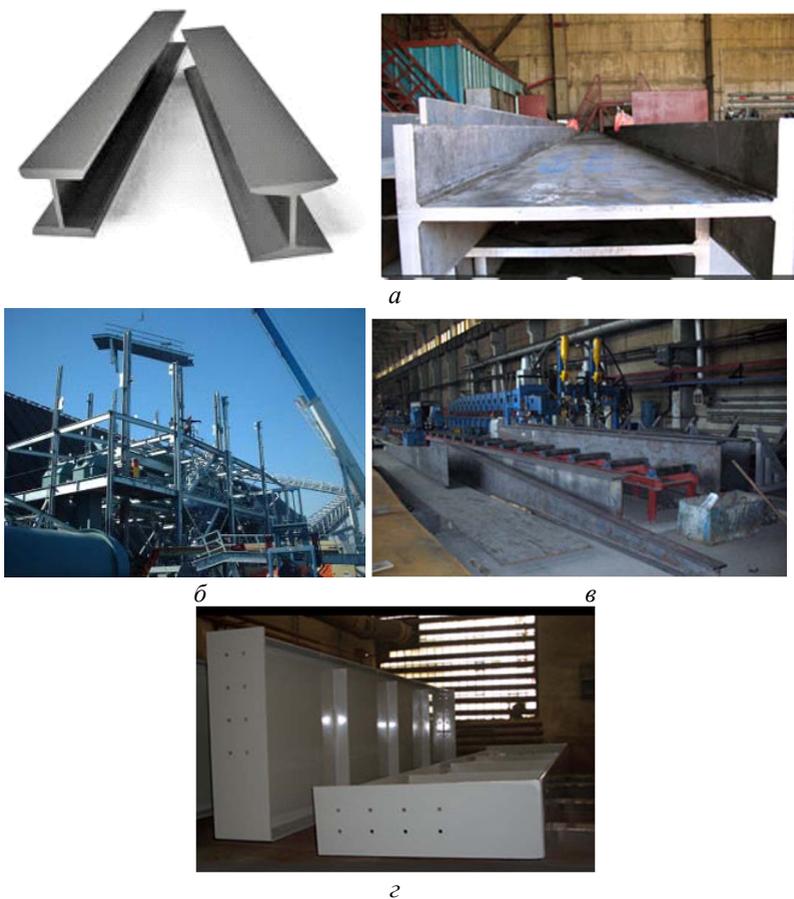


Рис. 1.4. Балки: а – двутавровые балки; б – конструкции из двутавровых балок; в – балка переменного сечения; г – подкрановые балки

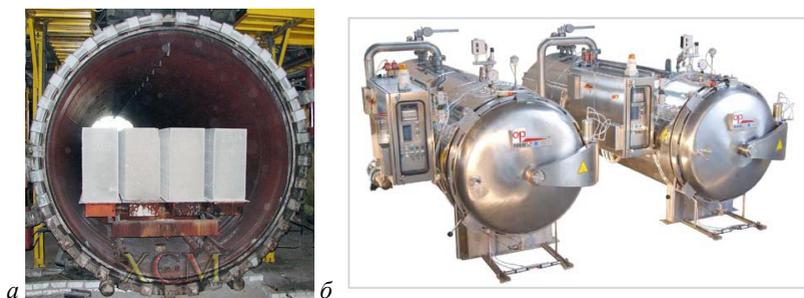


Рис. 1.5. Автоклавы: а – открытый; б – закрытые



Рис. 1.6. Печи вращающиеся

1.2. Понятие технологичности сварных конструкций

Технологичностью конструкции является совокупность свойств, определяющих возможность ее изготовления с наименьшими затратами труда и материалов самыми прогрессивными методами и технологиями в соответствии с требованиями проекта к качеству [7].

Технологичность зависит от экономических, технических, а иногда эргономических показателей. Технологичность сварной конструкции закладывается на стадии эскизного проектирования и продолжается на всех стадиях изготовления и эксплуатации. Изготовление сварной конструкции в масштабах одного выпуска может быть высокотехнологичным, но оказаться не технологичным для другого производства. Технологичность должна быть связана с различными составляющими: конструкцией деталей, толщиной деталей, выбранными материалами, точностью изготовления, выбранным способом сварки, размерами сварного шва, условиями эксплуатации, возможностью автоматизации и применения стандартного надежного и дешевого оборудования и т. д.

1.3. Влияние материала сварной конструкции на свариваемость и технологичность

Для сварных конструкций целесообразно выбирать хорошо свариваемые стали и сплавы. Свариваемость бывает хорошая, ограниченная, удовлетворительная или плохая, и в первом приближении она зависима от эквивалента углерода [1; 7].

Для *углеродистых сталей* малых толщин эквивалент определяется по формуле

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}. \quad (1.1)$$

Для *среднеуглеродистых, низколегированных* сталей и сталей *повышенной прочности* используется зависимость:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (1.2)$$

медь и фосфор учитываются, если $Cu > 0,5 \%$, а $P > 0,05 \%$.

Если эквивалент углерода превышает $0,45 \%$, то для качественной сварки необходимо: во-первых, строго соблюдать параметры режима, а во-вторых, проводить предварительный подогрев, и чем выше эквивалент, тем выше температура подогрева. Температуру предварительного подогрева определяют по формуле

$$T_{\text{под}} = 350\sqrt{C_3 - 0,25}. \quad (1.3)$$

Для сталей *больших толщин* допустимый эквивалент повышается до $0,5 \%$ и в расчете учитывается толщина:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + 0,0025\delta \leq 0,5. \quad (1.4)$$

Например, для стали Ст3 с содержанием элементов: углерод $C = 0,14-0,22$, марганец $Mn = 0,4-0,65$, никель $Ni = \text{до } 0,3$, хром $Cr = \text{до } 0,3$, медь $Cu = \text{до } 0,3$ эквивалент определяем по формуле (1.1): $C_3 = 0,42$, то есть менее $0,45$. Следовательно, сварку этой стали можно производить без предварительного подогрева.

А для сварки высокопрочной стали 30ХГСА с содержанием элементов: углерод $C = 0,28-0,34$, марганец $Mn = 0,8-1,1$, ... $V = 0,5$ — эквивалент определяем по формуле (1.2), он равен $0,62$, то есть более $0,45$. Следовательно, для сварки этой стали требуется провести

предварительный подогрев. Температура подогрева определяется по формуле (1.3) и равна 210 °С.

1.4. Влияние конструктивных форм сварных соединений на технологичность

Сварная конструкция, состоящая из нескольких элементов, может иметь различное конструктивное выполнение. Например, соединение фланца с трубой может иметь два варианта (рис. 1.7). Более технологичным является вариант *б*, так как упрощается и сокращается операция сборки, процесс сварки хорошо механизмуется, стыковое соединение работает на разрыв, сварной шов не требует механической обработки (механическая обработка требуется только до сварки), и этот вариант более доступен для контроля.

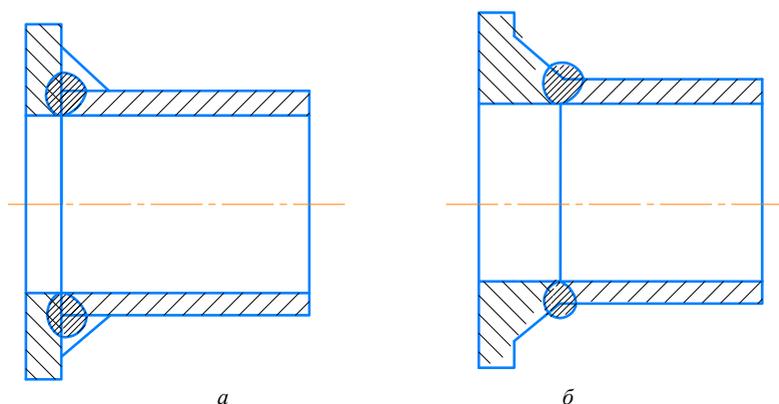


Рис. 1.7. Сварное соединение фланца с трубой: *а* – фланец плоский; *б* – фланец с отбортовкой

1.5. Количественные критерии оценки технологичности

Для оценки технологичности сварных конструкций используют три основных критерия [7].

Первый критерий – *по трудоемкости изготовления*:

$$K_T = \frac{T_{\Pi}}{T_B}, \quad (1.5)$$

где $T_{\text{п}}$ — трудоемкость проектного варианта; $T_{\text{б}}$ — трудоемкость базового варианта.

В связи с увеличением единичной мощности, производительности и других технических характеристик более наглядные результаты могут быть получены при использовании отдельных показателей, например уровень технологичности *по удельной трудоемкости* (УТ):

$$t_{\text{Т}} = \frac{K_{\text{УТ}}^{\text{П}}}{K_{\text{УТ}}^{\text{Б}}}, \quad (1.6)$$

где $K_{\text{УТ}}^{\text{П}}$, $K_{\text{УТ}}^{\text{Б}}$ — показатели удельной трудоемкости.

Конструкция считается технологичной, если уровень $t_{\text{Т}}$ меньше единицы.

Второй критерий оценки технологичности — *по эффективности использования материалов* [7]. Для оценки эффективности применения материалов можно использовать несколько критериев (например, изготовление железнодорожных вагонов не из стали, а из алюминиевого сплава).

Третий критерий оценки технологичности — *технический уровень сварочного производства*. В этом случае определяется использование наиболее прогрессивных механизированных технологических процессов. Можно определить и уровень механизации сварочных работ, и уровень комплексной механизации при изготовлении сварных конструкций. Разные способы сварки различаются коэффициентами производительности работ. При всех ручных способах сварки — 1, при механизированных — 1,5, при автоматических — 2, при контактных — 6, а иногда даже 8.

1.6. Исходные данные и особенности проектирования технологических процессов по изготовлению сварных изделий

Исходными данными для разработки технологического процесса изготовления сварной конструкции или ремонта являются разработка чертежей изделия, технические условия использования и планируемая годовая программа выпуска. Чертежи и технические условия (ТУ) содержат данные о материалах заготовки, конфигурации, размерах, типах сварных соединений (стыковое, угловое, тавровое, нахлесточное). Указываются требования к материалам,

оборудованию, а также требования к выполнению технологических и контрольных операций и критерии качества сварных соединений.

При проектировании технологического процесса необходимо учитывать техническую и экономическую целесообразность выбранного способа и применяемого оборудования.

Сварные соединения по степени ответственности подразделяют на несколько типов:

- 1) **особо ответственные**, разрушение которых приводит к человеческим жертвам: подъемно-транспортное оборудование (ПТО), нефтегазодобывающее (НГДО), объекты химии (ОХНВП), котельное оборудование (КО), строительные конструкции (СК) и т. п.;
- 2) **ответственные**, разрушение которых приводит к большим материальным потерям, например за счет остановки автоматических линий;
- 3) **не ответственные** – все прочие сварные конструкции.

Программа выпуска служит основанием для выбора способа, а также сварочного и вспомогательного оборудования. Линии со специализированным оборудованием, применяемые в крупносерийном и массовом производстве, являются дорогостоящими, как в приобретении, так и в переналадке. Поэтому переналадке не подвергаются. Переналадку обычно используют для гибких автоматизированных производственных систем (ГАПС).

1.7. Состав технологического процесса

Количество и последовательность операций технологического процесса по изготовлению или ремонту сварных конструкций зависят от конкретного изделия. Чаще всего процесс может содержать следующие основные операции: разметка, резка, придание формы, сборка, сварка, контроль и т. п. Кроме основных операций, технологический процесс может содержать такие операции, как входной контроль, очистка, промывка, травление, механическая обработка, термообработка, исправление дефектов и др. Операции технологического процесса в основном определяются нормативными документами на изготовление данных видов изделий. Это могут быть инструкции, правила, стандарты, ГОСТы, СНИПы, ТУ, СП (своды правил) и т. д.

1.8. Преимущества и недостатки известных и возможных способов сварки

После проведения анализа известных технологических процессов [1; 2; 4; 6; 7] были выбраны преимущества и недостатки различных способов сварки.

Преимущества различных способов сварки:

- *ручной дуговой сварки покрытыми электродами:*

- 1) возможность сварки во всех положениях;
- 2) возможность сварки различных сталей;
- 3) возможность сварки в местах, труднодоступных для механизированных способов;
- 4) простота и дешевизна источника питания;
- 5) возможность сварки изделий большой толщины;
- 6) низкая стоимость оборудования;
- 7) легкость обслуживания и ремонта;
- 8) высокая мобильность оборудования;

- *механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения:*

- 1) высокое качество сварки разнообразных металлов;
- 2) возможность сварки в различных положениях;
- 3) возможность визуального наблюдения за формированием шва;
- 4) хорошая видимость сварочной ванны;
- 5) упрощается визуальное наблюдение за процессом сварки;
- 6) не требуется высокой квалификации сварщика;
- 7) не образуется шлаковая корка;
- 8) возможность сварки тонких листов;
- 9) повышается производительность и экономичность способа;
- 10) надежная защита сварочной ванны;
- 11) улучшаются условия труда сварщика;
- 12) меньшее проплавление основного металла, а следовательно, однородная структура;
- 13) высокая степень механизации;

- *аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом:*

- 1) высокое качество сварки;
- 2) высокая концентрация тепловой энергии;

- 3) небольшая зона нагрева;
- 4) возможность автоматизации процесса сварки;
- 5) широкая сфера применения;
- 6) не требуется удаления шлаковой корки;
- 7) отсутствие разбрызгивания металла;
- 8) высокое качество геометрии и химического состава шва;
- 9) применение аргона повышает качество сварки;
- 10) процесс сварки легко контролируется;
 - *сварки сжатой дугой в аргоне (плазменная):*
 - 1) высокая концентрация энергии;
 - 2) малая зона термического влияния;
 - 3) высокая скорость плавления;
 - 4) отсутствие шлака;
 - 5) не требуется удаления шлаковой корки;
 - *сварки порошковой проволокой:*
 - 1) не требуются громоздкие баллоны с газом;
 - 2) возможность работы на высоте;
 - 3) хорошее качество сварки;
 - 4) повышается универсальность сварки за счет использования во всех положениях;
 - 5) упрощенное оборудование для сварки;
 - 6) хорошая производительность;
 - 7) возможность управления наплавленным металлом через проволоку;
 - 8) повышенная мобильность из-за отсутствия баллонов;
 - 9) возможность легирования металла через проволоку;
 - *автоматической сварки под флюсом:*
 - 1) высокая производительность;
 - 2) высокая эффективность процесса;
 - 3) высокое качество сварки;
 - 4) высокая степень механизации процесса;
 - 5) надежная защита сварочной ванны;
 - 6) стабильность процесса;
 - 7) отсутствие газовых баллонов;
 - 8) не требуется высокой квалификации сварщика;
 - 9) лучшие условия работы сварщика;

10) возможность управления составом наплавленного металла через проволоку и флюс;

11) малые потери на угар и разбрызгивание;

12) возможность сварки большей толщины за один проход;

• *газовой сварки:*

1) простота оборудования;

2) широкий диапазон регулирования температуры;

3) не требуется источник электрической энергии;

• *процесса пайки:*

1) простота процесса;

2) дешевизна оборудования;

3) использование в труднодоступных местах;

4) не создаются внутренние напряжения в металле;

• *контактной сварки:*

1) высокая производительность;

2) не требуется защитных газов, флюсов и присадки;

3) чистота производства;

4) швы ровные и прочные.

Недостатки различных способов сварки:

• *ручной дуговой сварки покрытыми электродами:*

1) низкая производительность;

2) низкая скорость сварки (до 5 м/ч);

3) малая степень механизации и автоматизации процесса;

4) большие потери на угар, разбрызгивание металла и огарки;

5) требуется удаление шлаковой корки;

6) при удалении шлаковой корки удаляется часть наплавленного металла;

7) требуется высокая квалификация сварщика;

8) качество зависит от квалификации, практических навыков и состояния сварщика;

9) малая величина сварочного тока;

10) вредные условия процесса сварки;

11) большое выделение дыма;

12) тяжелые условия труда сварщика, приводящие к профессиональным заболеваниям;

- 13) утомление сварщика;
- 14) периодическое прерывание процесса для замены электрода;
- 15) потери металла и времени на замену электродов;
- 16) требуется подготовка шва для возобновления процесса;
- 17) высокая стоимость электродов;

• *механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения:*

- 1) требуется защита от светового и теплового излучения;
- 2) затруднена сварка на открытом воздухе из-за сдувания защитного газа;
- 3) неравномерность подачи присадочной проволоки;
- 4) наличие газовой аппаратуры;
- 5) возможны повышенные потери на разбрызгивание металла;
- 6) низкая пластичность наплавленного металла;
- 7) возможность возникновения трещин из-за низкой текучести металла;
- 8) ограниченная подвижность сварщика;
- 9) повышенные требования к настройке оборудования;
- 10) взрывоопасность газов;
- 11) опасность использования баллонов со сжатыми газами;
- 12) периодическое загрязнение сопла горелки;
- 13) требуется добавка аргона для повышения стабильности горения дуги и качества шва;

• *аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом:*

- 1) высокая стоимость сварочных расходных материалов (электродов, газов);
- 2) повышенная стоимость оборудования;
- 3) ограниченное использование на открытом воздухе (возможно сдувание защиты);
- 4) сложное сварочное оборудование;
- 5) периодическое прерывание процесса для затачивания или замены вольфрамового электрода;
- 6) требуется высокая квалификация сварщика;
- 7) повышенное ультрафиолетовое излучение;
- 8) взрывоопасность газов;
- 9) опасность использования баллонов со сжатыми газами;

• *сварки сжатой дугой в аргоне (плазменная):*

- 1) высокая стоимость оборудования;
- 2) требуется высокая квалификация сварщика;
- 3) непрерывный контроль состояния, особенно водоохлаждаемого плазмотрона;
- 4) требуется периодическая замена сопел плазмотрона;
- 5) более сложное оборудование;
- 6) взрывоопасность газов;
- 7) опасность использования баллонов со сжатыми газами;

• *способа сварки порошковой проволокой:*

- 1) требуется удаление шлаковой корки;
- 2) высокая стоимость проволоки;
- 3) возможно появление пор в сварном шве;
- 4) опасность образования пор из-за жидкотекучести шлака;
- 5) заминание проволоки при сварке на форсированных режимах;
- 6) неравномерное плавление металлической оболочки и порошка;
- 7) возможно получение неметаллических включений в сварном шве;

• *автоматической сварки под флюсом:*

- 1) невозможно визуальное наблюдение за процессом сварки;
- 2) требуется удаление шлаковой корки;
- 3) не применяется для сварки коротких швов;
- 4) затруднения при сварке в положении, отличном от нижнего;
- 5) возможно осыпание флюса с изделия;
- 6) большое выделение дыма;
- 7) усложненное сварочное оборудование;
- 8) высокие требования к настройке оборудования;
- 9) необходимость применения специализированного оборудования и оснастки;
- 10) высокие требования к сборке под сварку из-за возможного вытекания расплавленного металла;

• *газовой сварки:*

- 1) производительность снижается при увеличении толщины изделия;
- 2) низкий КПД использования газов;
- 3) взрывоопасность газов;
- 4) опасность использования баллонов со сжатыми газами;
- 5) неудобство работы с длинными шлангами;

• *процесса пайки:*

- 1) низкая производительность;
- 2) низкая прочность паяного соединения;
- 3) низкая термостойкость;
- 4) высокая стоимость припоев.

• *контактной сварки:*

- 1) высокая стоимость оборудования;
- 2) большой вес и габариты контактной машины;
- 3) немобильное оборудование;
- 4) ограничены габариты свариваемого изделия;
- 5) ограничение свариваемых толщин;
- 6) большая потребляемая мощность;
- 7) невозможность сварки разных металлов.

Выводы

Таким образом, все сварные конструкции можно разделить на решетчатые, оболочковые, корпусные или детали машин. При изготовлении любой сварной конструкции необходимо не просто соединить детали изделия, но и учитывать свариваемость и технологичность их изготовления. Анализируя известные способы сварки, необходимо выбрать наиболее приемлемый для данного металла, толщины и конфигурации изделия.

Контрольные вопросы

1. К каким видам конструкций относятся фермы, мачты, колонны, арматурные сетки?
2. Какие напряжения испытывают стержни решетчатых конструкций?
3. Какие решетчатые конструкции применяются при строительстве арочного моста?
4. Для чего применяются автоклавы?
5. Что такое технологичность сварной конструкции?
6. Какие основные операции содержит технологический процесс изготовления сварной конструкции?

2. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ

2.1. Классификация механического оборудования для сварочного производства

В сварочном производстве используется большое количество стандартного оборудования, которое позволяет механизировать основные операции правки, резки, сварки, контроля, покраски. Однако часто на практике приходится использовать нестандартное оборудование. Все механическое оборудование можно разделить по технологическому назначению: транспортирующее, сборочное, сварочное, поворачивающее, зачищающее и т. п. Для многих операций можно использовать типовые устройства и механизмы. Но для механизации сборочных операций практически всегда требуются нетиповые решения.

Механическое оборудование сварочного производства, как правило, имеет свой привод, который обеспечивает установку изделий, перемещение деталей или горелки, вращение аппаратов.

2.2. Виды, назначение и конструкции вращателей, сварочных колонн, глагольных и велосипедных тележек, порталов, кантователей, роликовых стенов

Вращатели предназначены для вращения изделий вокруг оси с регулируемой скоростью и позволяют изменять наклон свариваемого изделия. Напольные вращатели бывают двух типов — карусельные и консольные (рис. 2.1, *а, б*). Стандартные сварочные вращатели серии R, изготавливаемые в Германии, имеют диаметр планшайбы от 300 до 1300 мм и используются для изделий массой от 50 до 10 000 кг. Вращатели серии R предназначены для сборки, сварки, зачистки и позиционирования заготовки и при других работах. Вращатели предназначены для вращения заготовки на 360° посредством двигателя переменного тока с редуктором с наклоном передней и задней части планшайбы от горизонтали за счет шестеренчатого редуктора. Вращение и наклон выполняются независимо и одновременно.



а



б



в

Рис. 2.1. Вращатели:
а, б – консольные; *в* – двухстоечные

Отечественная промышленность, например НПФ «Шторм ИТС» (рис. 2.1, *б*), выпускает подобные вращатели типа TRAF 200 с грузоподъемностью до 200 кг.

Для сварки или наплавки изделий большой длины используют двухстоечные вращатели (рис. 2.1, *в*).

Существуют как ручные (рис. 2.2), так и автоматические вращатели.

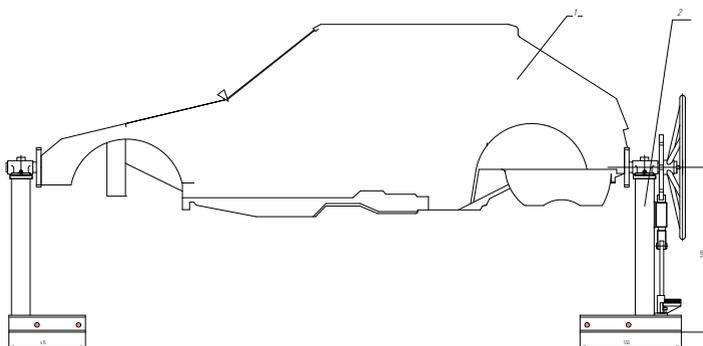


Рис. 2.2. Кузов во вращателе

Сварочная колонна (рис. 2.3) представляет собой вмонтированную в пол вертикальную стойку. Сварочные колонны предназначены для перемещения изделий (как кран), обеспечения движения и удержания сварочного оборудования (иногда вместе со сварщиком) по всей длине свариваемой поверхности. Колонны применяются в цеховых условиях, где возможно перемещение по специальным путям. На конце горизонтальной стрелы всегда крепится сварочная головка, которая непосредственно и обеспечивает сварочный процесс.

На сегодня подобное сварочное оборудование может вести аргоно-дуговую, флюсовую, плазменную и механизированную сварку как одной, так и несколькими горелками. Вес подвешенного оборудования может достигать 100 кг и более, что возможно применять при автоматической сварке под флюсом.



Рис. 2.3. Сварочная колонна в работе

По конструктивному оформлению механизма передвижения различаются сварочные тележки глгольные (рис. 2.4, *а*), велосипедные (рис. 2.4, *б*) и порталные (рис. 2.5).

Глгольные сварочные тележки имеют платформу, перемещающуюся по двухколейному рельсовому пути, колонну, консоль, по которой перемещается (или на которую навешивается) сварочный автомат. У велосипедной сварочной тележки платформа одноколейная; в верхней части имеется поддерживающий ролик, перемещающийся по направляющей. Велосипедные сварочные тележки (рис. 2.4, *б*) предназначены для перемещения сварочных аппаратов при сварке прямолинейных (длиной до 2500 мм) и кольцевых швов.

Портальные сварочные тележки имеют две колонны, соединенные в виде портала, опирающиеся каждая на одноколейную платформу. Вертикально перемещающиеся тележки имеют траверсу, по которой передвигается (или на которую навешивается) сварочный автомат. Портальная тележка перемещается по рельсовому пути широкой колеи. Между рельсами располагается свариваемое изделие.

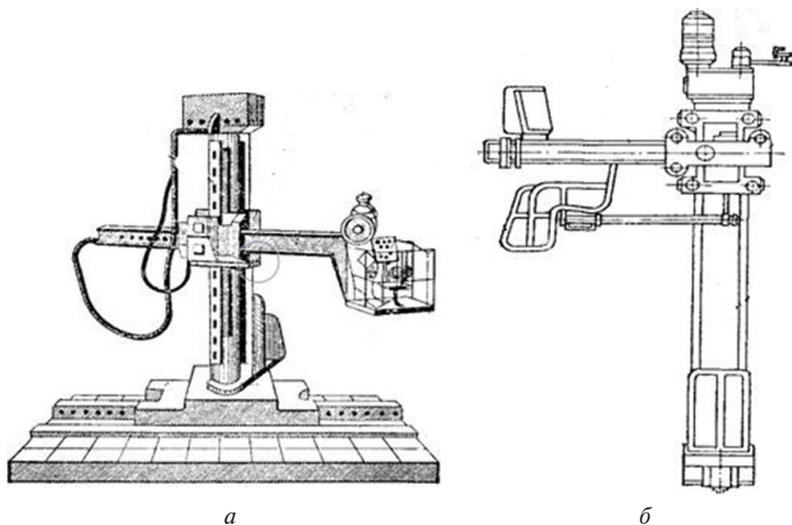


Рис. 2.4. Сварочные тележки:
а — глгольная; *б* — велосипедная

Портальная сварочная установка (рис. 2.5) предназначена, как правило, для сварки балок различного сечения таких изделий, как бортов, прицепов грузовых автомобилей, боковых и торцевых стен вагонов, крыш пассажирских вагонов.



Рис. 2.5. Портальные сварочные установки

На портале могут монтироваться два комплекта сварочных головок, которые могут перемещаться в горизонтальном или вертикальном направлении вдоль портала. Установка оснащена системой слежения за сварным швом, что позволяет производить автоматическую сварку одновременно с движением портала по рельсам. Также на установке располагается система подачи, переработки и уборки флюса. Перемещения портала могут осуществляться двумя электродвигателями переменного тока с червячными редукторами. Плавная регулировка скорости движения портала достигается при помощи инвертора переменного тока. В комплект портала входят: рельсовый путь, сварочные горелки, концевые выключатели, установленные на всех подвижных элементах установки, прижимы и т. п.

Кантователи предназначены для установки изделия, поворота вокруг горизонтальной оси и для перемещения изделия вверх-вниз. Наибольшее применение получили кантователи центровые двухстоечные, цепные, кольцевые, рычажно-книжечные.

Двухстоечные кантователи применяют для изделий рамного типа или им подобных (рис. 2.6).

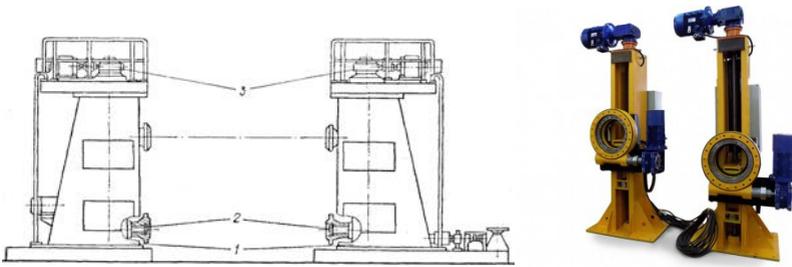


Рис. 2.6. Кантователь двухстоечный с подъемными центрами:
 1 – стойки; 2 – шпиндели; 3 – приводы

Двухстоечные центровые кантователи (рис. 2.6) имеют такие две стойки, на которых смонтированы приводы со шпинделями и рабочими органами. Одна из стоек, обычно неподвижная, имеет привод вращения шпинделя. Вторая, подвижная, имеет механизм перемещения по направляющим.

Цепные кантователи (рис. 2.7) применяют для балочных конструкций прямоугольного, треугольного или близких к ним сечений двутаврового или коробчатого сечения. Свариваемое изделие укладывается на цепи и при ее перемещении поворачивается в нужное для сварки положение.

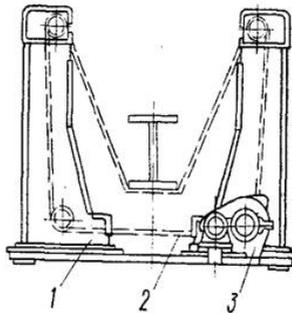


Рис. 2.7. Кантователь цепной:
 1 – стойка; 2 – рабочая цепь; 3 – привод

Книжные кантователи (рис. 2.8) применяются для поворота плоских свариваемых изделий вокруг горизонтальной оси на угол до 180°. Кантователь имеет поворотную раму, привод поворота, механизм крепления изделия, станину. Он может работать без кре-

плення свариваемого изделия. Для этого кантователь снабжается двумя поворотными рамами. В вертикальное положение изделие устанавливается с помощью одной рамы, а другая рама за счет тормозного механизма плавно спускает его.

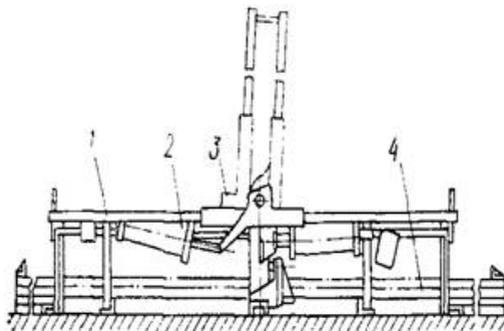


Рис. 2.8. Кантователь книжный: 1 – поворотная рама; 2 – привод поворота; 3 – механизм крепления изделия; 4 – станина

Кольцевые кантователи (рис. 2.9) применяются для поворота объемных свариваемых изделий. Кантователь в зависимости от длины свариваемых изделий имеет два или более колец для закрепления изделия, роликовые опоры, на которые опираются кольца и привод. Кольцевые кантователи могут иметь составные кольца, раскрывающиеся для установки изделия. Кроме описанных конструкций сварочных кантователей, существуют и другие конструкции, применяемые значительно реже.

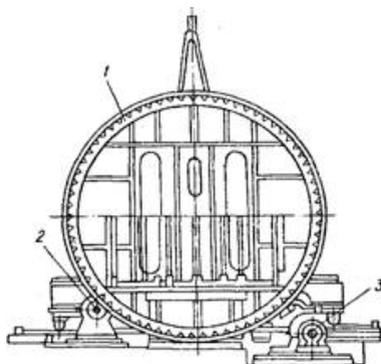


Рис. 2.9. Кантователь кольцевой:
1 – кольцо; 2 – опорные ролики; 3 – привод

Роликовые стелды (рис. 2.10) предназначены для вращения цилиндрических или сферических изделий при сборке, сварке, контроле и отделочных работах.

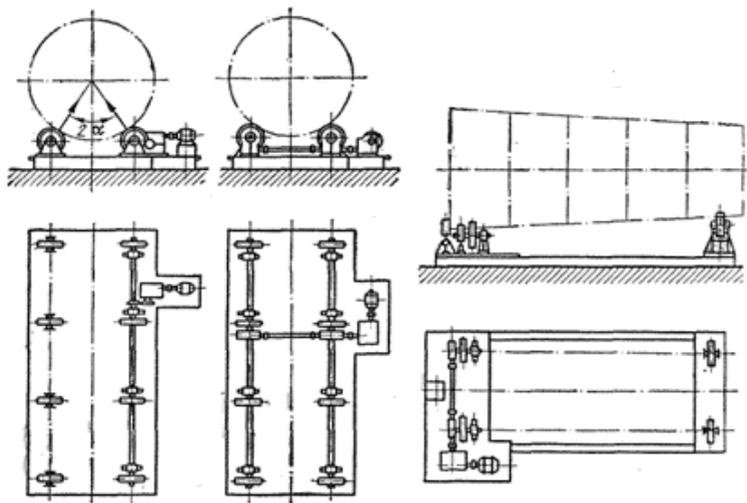


Рис. 2.10. Роликовые стелды

Роликовые стелды имеют привод, соединенный с валом, на котором жестко закреплены несколько приводных, обрешиненных роликов. Параллельно приводному валу расположен пассивный вал с закрепленными на нем регулируемыми роликами.

2.3. Устройства для формирования корня шва

Для предотвращения вытекания расплавленного металла, во избежание прожогов и для формирования корня шва применяются различного вида формирующие устройства. Различают поддерживающие устройства с флюсовыми подушками, металлическими пластинами, керамическими подкладками и алюминированными лентами. Металлические подкладки разделяются на остающиеся и съемные. Остающиеся выполняются из свариваемого или близкого по составу металла толщиной 2–3 мм, а съемные выполнены из меди или медного сплава с повышенной теплопроводностью для предотвращения приваривания. Съемные подкладки бывают

графитовые или медные с принудительным охлаждением водой (рис. 2.11, *в*). Съемные подкладки посередине имеют проточку глубиной 2–3 мм, шириной 6–10 мм для формирования усиления корня шва. Иногда применяют подвижные подкладки гусеничного типа (рис. 2.11, *б*) или ползуны. По положению в пространстве подкладки, или ползуны, бывают с горизонтальным или вертикальным (ЭШС) перемещением.

Флюсовые подушки (рис. 2.11, *а, б*) применяют при сварке прямолинейных швов как листовых, так и трубных изделий. Флюсовая подушка состоит из стального корпуса (иногда может применяться швеллер), на дно которого укладывается прорезиненный шланг 3 (может быть пожарный рукав). На шланг укладывается асбестовая ткань 4, а на нее брезентовая. В образованный таким образом эластичный желоб насыпается сварочный флюс 2. При подаче воздуха шланг надувается и поджимает флюс к корню шва.

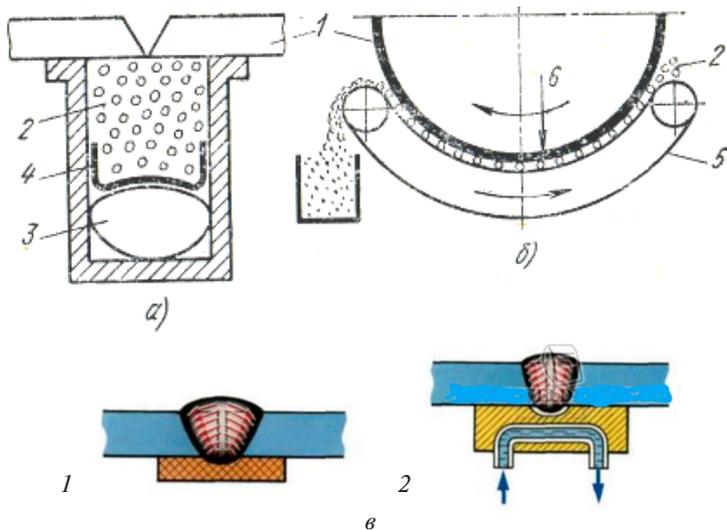


Рис. 2.11. Схема устройства для формирования корня шва на флюсовой подушке: *а* – листы; *б* – трубы (1 – изделие, 2 – флюс сварочный, 3 – шланг, 4 – асбестовое полотно, 5 – лента транспортерная, 6 – положение сварочной горелки); *в* – подкладки (1 – графитовая, 2 – медная водоохлаждающая)

Подкладки из меди обычно имеют проточку различной формы: прямоугольную, треугольную, трапециевидную, полукруглую. В зависимости от свариваемого материала подкладки могут иметь охлаждение для регулирования тепловложения.

Керамические подкладки (рис. 2.12) также бывают различной формы.

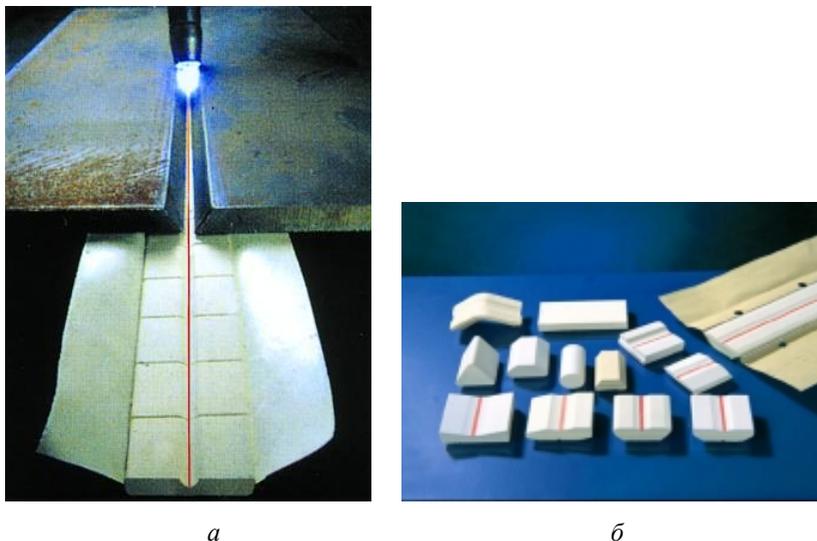


Рис. 2.12. Схема сварки на съемной подкладке:
а – сварка на подкладке; *б* – набор подкладок

2.4. Компоновочные схемы сварочных установок

При разработке технологического процесса необходимо составить компоновочную схему сварочного и вспомогательного оборудования. Выбирая рациональную компоновочную схему, необходимо учитывать особенности сварного изделия, определить способ сварки и целесообразность перемещения горелки над изделием или изделия под горелкой. По габаритам и форме изделия (лист, труба), по длине сварного шва (короткие, средние, длинные) выбирают конструкцию сварочного стенда. При проектировании сварочных установок следует использовать типовое оборудование, а при от-

сутствии можно применять нестандартное, требующее разработки и решения технических задач.

2.5. Виды и назначение сборочно-сварочных приспособлений

Приспособлениями называют дополнительные устройства, применяемые к стандартному оборудованию для выполнения различных операций сборки, сварки, пайки, термообработки, правки, контроля и т. д. Приспособления могут использоваться самостоятельно, а могут встраиваться в технологическое оборудование или входить в состав механизированных рабочих мест. Приспособления позволяют уменьшить трудоемкость работ, повысить производительность труда, повысить качество выполнения работ, улучшить условия труда, повысить безопасность работ.

Приспособления могут использоваться для разных способов сварки при выполнении различных операций технологического процесса: разметки, резки, сборки, сварки (сборки и сварки), контроля, термообработки и т. д. В условиях массового производства целесообразно использовать приспособления с быстродействующими механизмами.

На производстве приспособления часто проектируются и разрабатываются специалистами для изготовления конкретных изделий, но иногда могут быть использованы уже разработанные и применяемые для подобных изделий.

Проектирование сборочного или сварочного приспособления осуществляется в четыре этапа в следующей последовательности:

1. Сначала делается чертеж свариваемого изделия, возможно, в нескольких проекциях, поясняющих особенность конструкции и мест сварки по ГОСТу.
2. Затем составляется схема базирования для закрепления деталей.
3. После этого разрабатывается принципиальная схема приспособления.
4. Заканчивается процесс конструктивным проектированием корпуса приспособления с установленными на нем упорными и зажимными устройствами.

2.6. Базирование деталей в приспособлении

Под базированием подразумевается размещение и закрепление деталей изделия на установочных элементах в приспособлении при сборке или сварке. Важным и сложным этапом является составление такой схемы базирования, которая позволит закрепить деталь и лишить ее всех шести степеней свободы («правило шести точек»). Для этого необходимо правильно выбрать положение опорных точек (рис. 2.13) как для плоских, так и для цилиндрических деталей (рис. 2.14). Для упрощения конструкции приспособления собираемые детали можно лишить только некоторых степеней свободы, а остальных они лишаются за счет усилия зажима. Для устойчивого укладывания плоских изделий и ограничения перемещений вниз необходимо снизу иметь три точки: 1, 2, 3 (рис. 2.13). Для ограничения перемещений влево сбоку необходимо иметь две точки: 4, 5. Для ограничения перемещения назад сзади достаточно одной точки – 6. Итого получается минимум шесть точек.

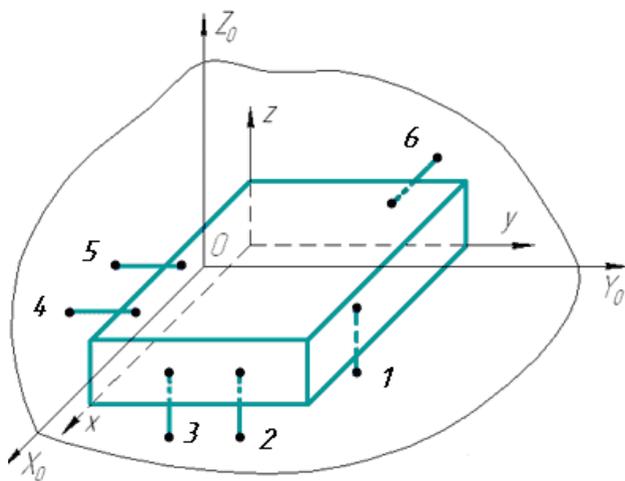


Рис. 2.13. Правило базирования деталей («правило шести точек»)

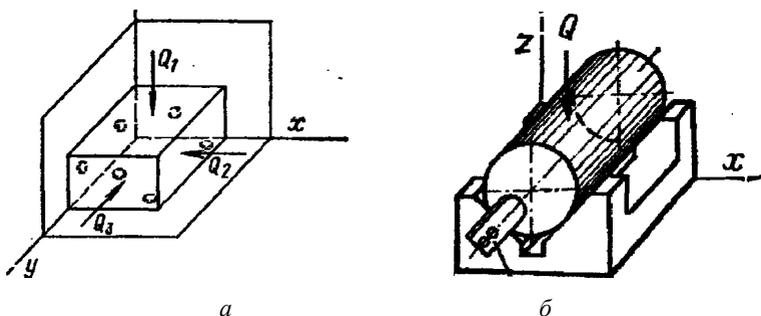


Рис. 2.14. Схема закрепления (направления прижатия) деталей:
 а – плоских; б – цилиндрических

При проектировании приспособлений следует учитывать допуски на зазоры между собираемыми деталями и между деталями и упорами, которые могут быть рекомендованы нормативными документами на изготовление конкретного изделия (ГОСТ, СНИП, РД и т. п.).

2.7. Разработка принципиальной схемы приспособления

Принципиальная схема приспособления состоит из чертежа изделия (1-й этап) с добавленными к нему условно обозначенными местами закрепления всех деталей (табл. 1). На схеме указываются место и величина прикладываемого усилия. Обозначения опор и зажимов выбираются по ГОСТ 3.1107–81.

При выборе мест установки опор необходимо учитывать возможность свободного съема прихваченного или сваренного изделия автоматическим устройством вверх. Кроме этого, места установки опор должны обеспечить свободу изделию от возможного заклинивания. Места воздействия прижима размещают против упоров.

Опоры бывают двух типов: основные и вспомогательные. *Основные* опоры лишают деталь всех или нескольких степеней свободы в приспособлении. *Вспомогательные* опоры предназначены для придания детали дополнительной жесткости или устойчивости. Общее требование к установочным элементам – уменьшить погрешность при сборке изделий в приспособлении.

Обозначение опор и зажимов

Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			

Пример принципиальной схемы базирования приспособления для сборки приведен на рис. 2.15.

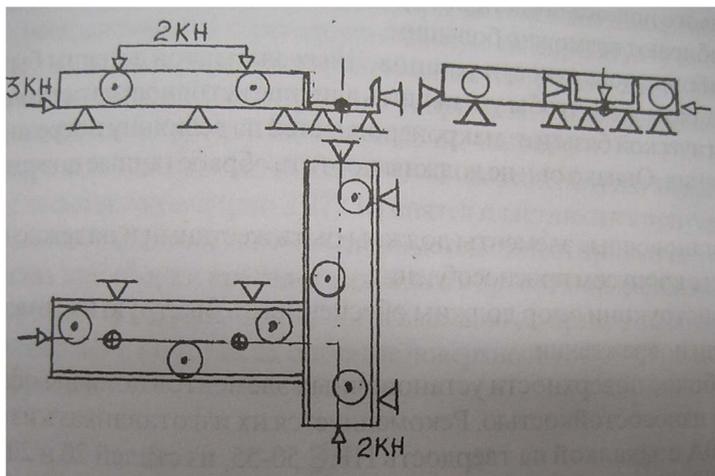


Рис. 2.15. Пример принципиальной схемы базирования приспособления для сборки

2.8. Установочные элементы сварочных приспособлений

В качестве установочных элементов при сборке деталей в приспособлении могут применяться опорные пластины, штыри, упоры, призмы и установочные пальцы. Выбор типа и размера опор зависит от размера и состояния поверхности детали. Опоры – опираются (снизу), упоры – упираются (сбоку).

Опорные **пластины** по ГОСТ 4743–68 применяются для сборки крупных изделий с обработанными поверхностями. Пластины крепятся к приспособлению винтами или сваркой, но с последующей обработкой их рабочих поверхностей с одного хода станка. Пластины могут быть плоские или с косыми пазами.

Опорные **штыри** (рис. 2.16) выпускаются по ГОСТ 13440–68, 13441–68, 13442–68 и могут быть постоянными и регулируемыми, с плоской, сферической и насечной головками. Такие штыри применяют для деталей средних размеров. Для деталей с черновой поверхностью (литье, поковка, прокат) используют штыри со сферической или насечной поверхностью. Для деталей с чистой обработанной поверхностью используются штыри с плоской головкой, чтобы не повредить поверхность.

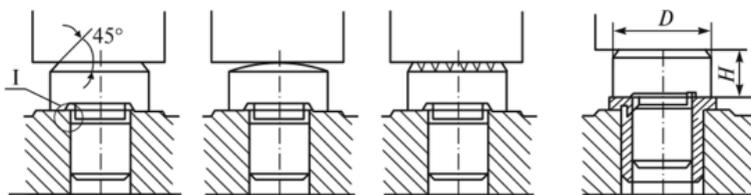


Рис. 2.16. Опорные штыри

Упоры боковые по способу крепления к приспособлению разделяют на постоянные, поворотные, откидные и электромагнитные (рис. 2.17). Опорная поверхность упора может быть плоской, сферической, рифленной, часто упрочняется термообработкой или сваркой. В качестве упоров могут использоваться прямоугольные планки (уголок), штыри, ребра. Поворотные и откидные упоры применяют для свободного съема готового изделия после сварки или после прихваток. Длина рабочей поверхности упора должна быть не менее двух толщин фиксируемой детали. По принципу действия упоры бывают постоянные, поворотные, откидные.

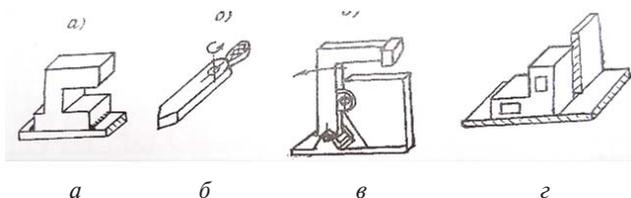


Рис. 2.17. Упоры: *а* – постоянные; *б* – поворотные; *в* – откидные; *г* – электромагнитные

Призмы (рис. 2.18) изготавливаются по ГОСТ 12196–66 и применяются для крепления цилиндрических деталей. Призмы бывают жесткие и регулируемые, с углами 60, 90, 120 градусов (рис. 2.19). Для черновых деталей применяют точечное контактирование (на пластинах или штырях), а для чистовых – с развитой рабочей поверхностью.

Установочные **пальцы** (рис. 2.20) применяют для фиксирования деталей, имеющих отверстия. Пальцы могут быть постоянные (запрессованные в корпусе приспособления), вставные и откидные. Поверхность пальцев должна иметь твердость 50–55 HRC.

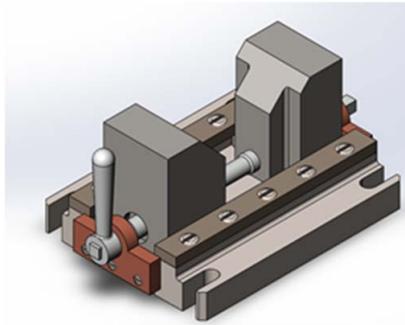


Рис. 2.18. Конструкция призмы

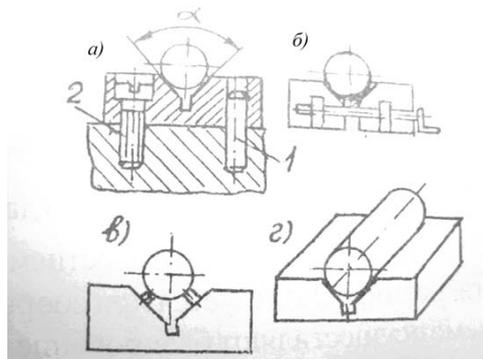


Рис. 2.19. Схемы призм: *a* – жесткие; *б* – регулируемые; *в* – с точечными опорами; *г* – схема опорных баз

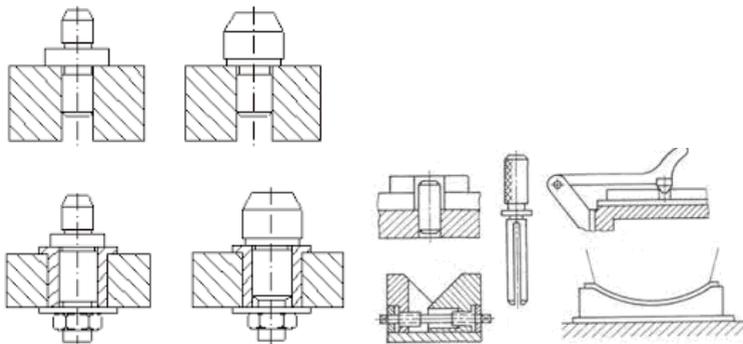


Рис. 2.20. Пальцы установочные

2.9. Зажимные и прижимные элементы

Зажимные механизмы предназначены для фиксации деталей под действием собственного веса или от усилий, возникающих при сборке. Зажимные механизмы бывают простые и комбинированные. К простым механизмам относятся винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные, пружинные и магнитные (рис. 2.21). Комбинированные зажимы состоят из нескольких простых (винт с клином, винт с пружиной и т. д.). Зажимы разделяют на стационарные и переносные, постоянные, поворотные, откидные. Поворотные и откидные обычно применяют для извлечения собранного или сваренного изделия из приспособления.

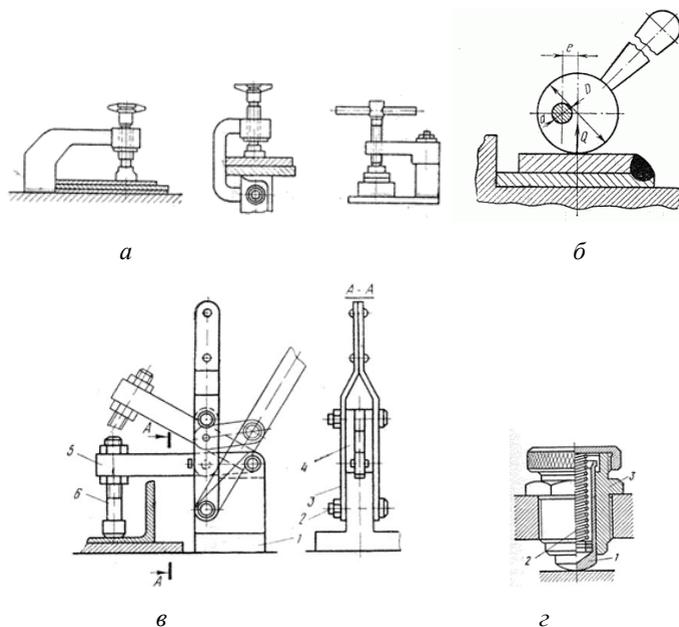


Рис. 2.21. Зажимы: *a* – винтовые; *б* – эксцентриковые; *в* – рычажные; *г* – пружинные

Самыми простыми ручными зажимами являются **струбцины** (рис. 2.22). Струбцина – универсальное приспособление при работе с металлом, особенно для сварщиков. Они могут иметь разные формы, постоянный или регулируемый размер зева.



Рис. 2.22. Струбцина

Винтовые зажимы отличаются простотой конструкции, обладают высокой надежностью и имеют малую стоимость. В прижимных устройствах винты изготавливаются с треугольной, прямоугольной или трапециевидальной резьбой. Однако в массовом производстве винтовые зажимы нежелательны, так как требуют много времени на сжатие и разжатие.

Клин также отличается простотой и компактностью конструкции, поэтому широко используется в зажимных механизмах (рис. 2.23).

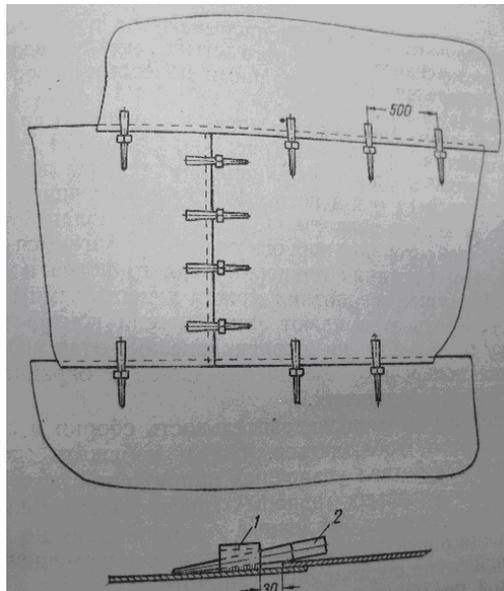


Рис. 2.23. Схема сборки листов резервуара (ранее применяемая)

Эксцентрик представляет собой соединение двух элементов: круглого диска и плоского клина. Эксцентрикковые зажимы являются самыми быстродействующими из ручных механизмов. По скорости работы они сравнимы с пневмозажимами, однако быстрее утомляют рабочего и ненадежны при вибрационных нагрузках из-за возможности самооткрывания.

Рычажные зажимы основаны на использовании двухплечевого рычага. Рычаг позволяет изменить величину и направление силы зажима, а также осуществить закрепление деталей в двух местах.

Пружинные зажимы имеют небольшое усилие сжатия, поэтому применяются в основном для тонких деталей или для пайки.

По способу получения требуемого усилия прижатия различают механические, пневматические, гидравлические и магнитные прижимы.

Пневмопривод отличается быстротой действия, простотой конструкции, легкостью и простотой управления, надежностью и стабильностью работы. Однако имеет свои недостатки: резкие удары при срабатывании, относительно большие габариты, шум при выпуске отработанного воздуха. Пневмоцилиндры, являющиеся частью пневмопривода, выпускаются по ГОСТ 15608–81 диаметром от 25 до 400 мм с давлением до 1 МПа. Поршневые цилиндры бывают одностороннего действия, когда возврат поршня производится пружиной, и двухстороннего действия, когда перемещение поршня в обе стороны производится сжатым воздухом. Для требуемой силы определяют диаметр цилиндра и выбирают наиболее близкий стандартный, по которому определяют силу на штоке. Пневматические прижимы имеют наибольшую скорость срабатывания.

Гидравлические приводы и конструктивно и по принципу действия аналогичны пневматическим. Используемое машинное масло создает давление на порядок больше давления от сжатого воздуха. Поэтому при одинаковом усилии гидроцилиндры имеют меньшие габариты, они бесшумны в работе. Однако стоимость выше за счет маслостанции, входящей в комплект. Кроме того, требуется высокая точность обработки деталей.

Электромагнитные приводы используются в приспособлениях при сборке и сварке изделий из ферромагнитных материалов. Преимущество магнитных прижимов состоит в быстродействии, компактности и простоте. Питание магнитов осуществляется постоянным током 110 или 220 В. Магнитное устройство выполняет одновременно упорное и зажимное действие и располагается с одной стороны от изделия.

2.10. Расчет усилий прижатия деталей в приспособлении

Расчет зажимных устройств производят в два этапа, сначала определяют необходимое усилие прижатия деталей, а затем рассчитывают сами зажимные устройства на прочность и жесткость под действием этих сил. При этом учитывают силы прижатия деталей, силы, удерживающие изделие от деформаций, либо силы для обратного прогиба (рис. 2.24). Фактическая сила зажатия выбирается с учетом коэффициента запаса, для ручных зажимов он равен 2, а для механизированных – 1,5.

Для сборки и сварки *прямолинейных стыков* можно использовать прижимы в виде сплошной балки или клавишные прижимы.

Усилие прижатия изделия определяют по формуле

$$Q = \frac{k_1 \cdot \mu_i \cdot P}{n}, \quad (2.1)$$

где k_1 – коэффициент запаса, равный 1,5 (для механизированных); μ_i – коэффициент трения скольжения стали по стали, равный 0,2; P – масса изделия, кг; n – количество прижимов.

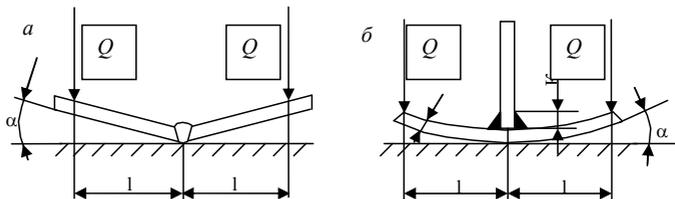


Рис. 2.24. Расчетные схемы при сварке:
a – совместный увод кромок в стыковом соединении;
б – грибовидность в тавровом соединении

При расчете усилия прижатия **тавровых балок** для удержания деталей необходимо усилить:

$$Q = \frac{s^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot E}{4\ell^2}, \quad (2.2)$$

где s – толщина детали, м; α – угол поворота детали, рад; E – модуль упругости, Па, $E = 2 \cdot 10^{11}$; ℓ – расстояние до линии прижима (от сварного шва), м.

Напряжение σ в сварном шве не должно превышать предела текучести.

Напряжение изгиба в металле шва:

– для стыкового соединения

$$\sigma_u = \frac{6Q \cdot \ell}{s^2}, \quad (2.3)$$

– для таврового соединения

$$\sigma_u = \frac{6Q \cdot \ell}{(s + k)^2}, \quad (2.4)$$

где k – катет сварного шва.

Прогиб балки от сварки определяют по формуле

$$f = \frac{M \cdot L^2}{8E \cdot J}, \quad (2.5)$$

где M – изгибающий момент, Н · м, $M = P_{yc} \cdot h / 2$; L – длина балки, м; E – модуль упругости, Па, $E = 2 \cdot 10^{11}$; J – момент инерции тавра, м⁴, $J = \frac{sh^3}{12}$; h – ширина пластины.

Изгибающий момент:

$$M = P_{yc} \cdot \frac{h}{2}, \quad (2.6)$$

где P_{yc} – усадочная сила.

Усадочная сила для одного таврового шва:

$$P_{yc} = 1,7 \cdot D \cdot k^2, \quad (2.7)$$

где D – коэффициент, зависящий от способа сварки, при механизированной сварке $D = 30\,000$, при ручной $D = 40\,000$; k – катет шва, см.

При расчете двутавровых или коробчатых балок расчет швов производят: поочередно сначала одного шва, затем второго и т. д. Полученные значения суммируют с учетом знака и получают величину необходимого прижатия в сборочно-сварочном приспособлении.

При изготовлении рамных, решетчатых конструкций применяются прижимные элементы типа раскосов, связей, планок, косынок, кронштейнов, накладок. Определить усилие прижатия таких элементов невозможно, основное требование к ним — обеспечить между собираемыми деталями контакт или заданный зазор и удерживать от возможного сдвига при сборке и сварке. Из опыта работы известно, что для закрепления деталей необходимо усилие прижатия 2–6 кН.

2.11. Универсально-сборочные приспособления сварочного производства (УСПС)

При изготовлении типовых конструкций с программой, приближающейся к серийному производству, целесообразно применение унифицированных приспособлений, часто собираемых на сборочных плитах с Т-образными пазами. В комплект таких приспособлений входят различного вида опоры, призмы, планки, стойки, пальцы, хомуты, прижимы и т. п., вставляемые в пазы плит. Комплект может иметь 2000–3000 деталей и узлов. В зависимости от сложности собираемых изделий время сборки составляет от 1 до 8 часов. Применение УСПС сокращает трудоемкость сборочных работ на 35–40 %.

2.12. Транспортирующие механизмы

При изготовлении различных изделий иногда приходится передавать собранные узлы с одного места на другое (от одного станка к другому). В зависимости от габаритов и веса деталей, от вида производства (единичное, мелкосерийное) перемещение может осуществляться за счет мостовых и поворотных кранов, погрузчиков, самоходных тележек, подъемников и т. д. Для захвата и удержания деталей при транспортировании используют винтовые зажимы, струбцины, стропы с крючками («на удавку»), вакуумные и электромагнитные зажимы, траверсы (для изделий большой длины

и габаритов). Траверса имеет форму балки. **Траверса** — быстроъемное грузозахватное приспособление, используемое на грузоподъемных кранах для работы с длинномерными, габаритными грузами, а также для переноски контейнеров, труб или строительных ферм. Траверсы являются промежуточным звеном между крюком крана и грузом.

В серийном и массовом производстве используют различные конвейеры. Конвейеры бывают пластинчатые, роликовые, тележечные (напольные или подвесные). Тележечные и подвесные конвейеры применяют для перемещения узлов в поточных линиях. Для загрузки и выгрузки иногда применяют толкающие устройства.

Выводы

Рассмотрены известные разработанные вспомогательные механизмы, предназначенные для подготовки отдельных элементов изготавливаемого изделия или самой сварной конструкции. Показаны вращатели, колонны, стенды, опорные пластины, штыри, зажимные и прижимные элементы, а также элементы формирования корня шва при различных способах сварки и различных металлов.

Контрольные вопросы

1. Назначение вращателей при изготовлении сварных конструкций.
2. Назначение кантователей при изготовлении сварных конструкций.
3. Каким образом удерживается от вытекания металл в корне шва?
4. Какие виды зажимных механизмов используются при изготовлении сварных конструкций?
5. В чем преимущество гидроприводов над пневмоприводами в зажимных устройствах?

3. ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

3.1. Технологические схемы выполнения операций

Литые, кованные и штампованные детали на сборку под сварку поступают в готовом обработанном состоянии. Детали из стандартного проката обычно изготавливают на участках сварочного производства. Металлопрокат поступает в виде листов (большой толщины) или рулонов (малой толщины). Однако иногда из-за возможных деформаций при транспортировке требуется правка.

Правка листов толщиной от 0,5 до 60 мм (рис. 3.1) производится, как правило, в холодном состоянии. Тонкие листы — в многовалковых машинах, с числом валков от 5 до 23, а толстые — в гидравлическом прессе при нагреве до 900–1000 °С. Иногда правят просто нагревом (при отсутствии пресса). Допустимые отклонения при правке по плоскости составляют 2 мм/м. Тонкие листы иногда правят растяжением. Изогнутые уголки, двутавры и швеллеры тоже правят на специальных многороликовых машинах (работающих по такой же схеме). Круглый прокат и трубы диаметром от 3 до 100 мм правят в станках с гиперболическими (вогнутыми) роликами. Отклонение по кривизне составляет 0,5–0,9 мм/м.

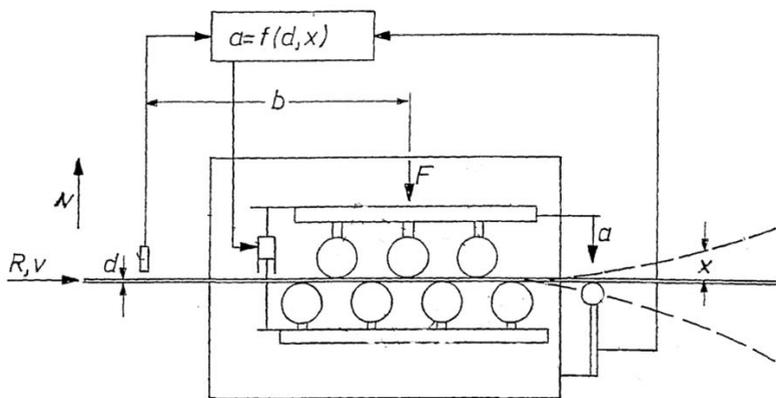


Рис. 3.1. Схема правки проката

Разметка производится специалистами высокой квалификации на разметочных плитах с использованием стандартного инструмента: стальной рулетки, линейки, чертилки, циркуля, кернера, угольника, отвеса, щупа и т. п. При разметке одинаковых деталей используют шаблоны, изготовленные из тонкой стали толщиной от 0,5 до 4 мм. Современный способ с использованием компьютера имеет высокую производительность и точность $\pm 0,5$ мм.

Резка листового металла (рис. 3.2, 3.3) осуществляется на гильотинных ножницах. Процесс состоит из подачи листа до выставленного по размеру упора, прижатия листа к столу ближним упором и опускания верхней траверсы. Качество резки зависит от зазора между ножами, выполненными из твердого металла и закрепленными на краях прижимного упора и опускаемой траверсы.

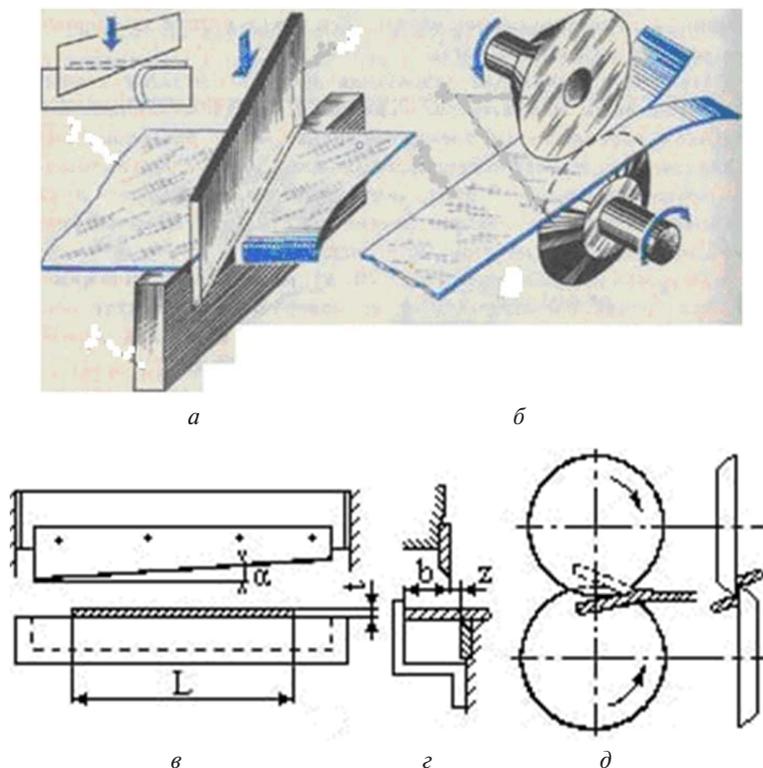


Рис. 3.2. Резка на гильотинных ножницах:
а – ножами; *б* – дисками; *в, г* – схема рубки; *д* – схема резки



а



б

Рис. 3.3. Процесс резки на гильотинных ножницах:
а – рубка; *б* – резка на полосы

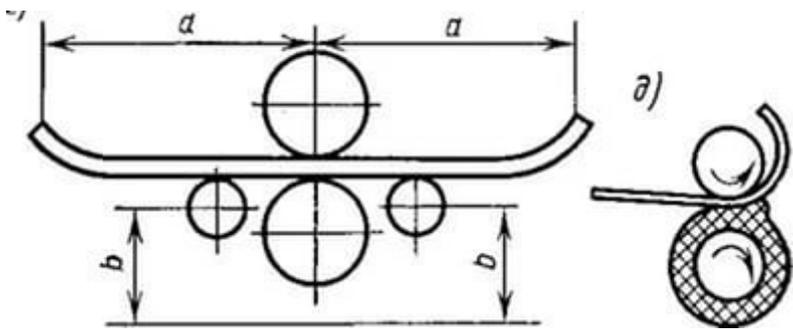
Точность зависит от толщины. Многодисковые ножницы применяют при резке листов малых толщин на полосы (рис. 3.2, *д*, 3.3, *б*). Кромка разрезаемого листа подвергается пластической деформации, поэтому кромку следует механически обработать (если кромка идет под сварку, то можно этого не делать). Для резки многопрофильного проката (уголка, швеллера, трубы) применяют пресс-ножницы, имеющие ножи по форме разрезаемого профиля. В трубы вводят оправку. Разделительную резку можно осуществить ножовочными или дисковыми пилами, резцами, кругами. При серийном производстве применяют вырубку в штампе, обеспечивая высокую точность.

Для разделения металла широко используют термитную резку (75 %) с помощью воздушно-дуговой, плазменной, лазерной резки [1; 2; 4]. Обычные (углеродистые и низколегированные) стали разрезают воздушно-дуговой резкой с последующей механической обработкой для снятия науглероженного и азотированного слоя. Для резки легированных сталей и цветных металлов используют плазменную или лазерную резку. Однако плазменная резка дорогая, плазматрон отличается малой стойкостью. Лазерная резка имеет высокую плотность светового потока — 10^5 – 10^6 Вт/см², она очень перспективна, но пока применяется для резки малых толщин, особенно изделий из алюминия, титана, никеля, а также неметаллов (из дерева, ткани, кожи, стекла, резины). Этот способ имеет высокую точность (как у механической резки) и малую тепловую деформацию. После термитных резок производят чистовую обработку кромок на кромкострогальных станках, иногда пакетом длиной до 12 м и толщиной до 0,5 м.

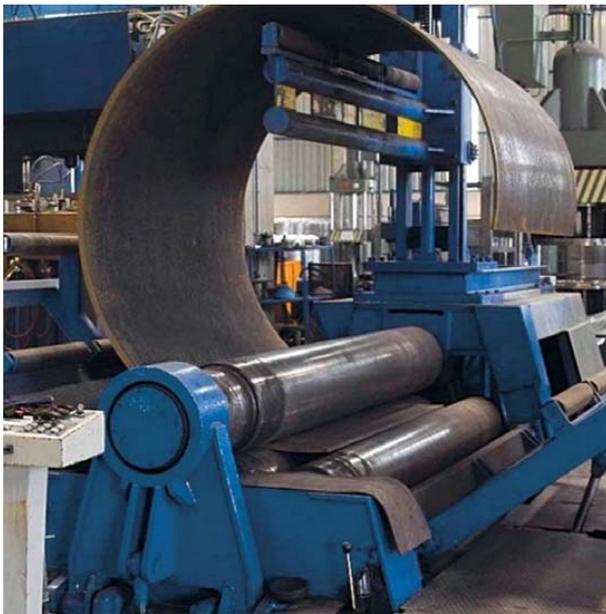
Гибка применяется для придания изделию цилиндрической (рис. 3.4, *a*, *б*) или конической формы (рис. 3.5, *a*, *б*) из листового металла в холодном или горячем состоянии. Если отношение $R/s \geq 25$, то можно производить гибку в холодном состоянии, если меньше 25, то в горячем (R — радиусгиба, s — толщина листа). Первой операцией при гибке в вальцах является подгибка кромок (рис. 3.5, *a*) по требуемому радиусу. Вальцовку начинают с середины листа, выверив параллельность оси валков и кромки (рис. 3.4). При вальцовке обечаек большого диаметра, как и при вальцовке конусной формы, требуется удерживающее устройство (рис. 3.4, 3.5). Для гибки деталей двойной кривизны (лепестки шарового резервуара) используют валки, имеющие форму сферической оболочки (рис. 3.6).

Изменяя положение валков на трех-, четырехвалковом гибочном стане, можно получить различную форму изделия (рис. 3.7).

Для придания деталям сложной формы применяют различного вида вытяжки и обтяжки с помощью прессы, иногда с промежуточной термообработкой. Процесс обработки сопровождается сложным изгибом с утонением и упрочнением металла. Пример: выдавливание газового баллона из листа (подогрев и обкатка роликом).

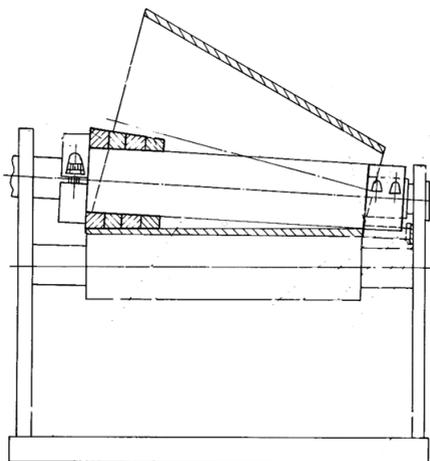


a



б

Рис. 3.4. Гибка цилиндрической обечайки:
a – схема; *б* – процесс



a



б

Рис. 3.5. Гибка конической обечайки:
a – схема; *б* – процесс



Рис. 3.6. Гибка деталей шарового резервуара



Рис. 3.7. Гибка фигурной емкости бензовоза

Форму деталей с небольшой толщиной можно придать штампом, энергетическими импульсами с помощью энергии взрыва или высоковольтного разряда. Иногда формообразование производят стреляющими из пушек металлическими ядрами с дозированной энергией (газовая энергия).

В условиях единичного и мелкосерийного производства широко применяется гибка в гибочных прессах (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Гибка на прессе

Гибка используется с целью повышения жесткости путем гофрирования (ролик в матрице зигмашины). Пример: ребро жесткости на металлических бочках. Гибку уголков, швеллеров производят на универсальных сортогибочных станках с наклонным расположением роликов.

Гибку труб осуществляют в специальных трубогибочных станках с обкаткой роликом по матрице (кругу) с подогревом (газом или ТВЧ) и без, с заполнением трубы (временно залить расплав канифоли с $T_{пл} = 50-130\text{ }^{\circ}\text{C}$) и без. Схема представлена на рис. 3.9.

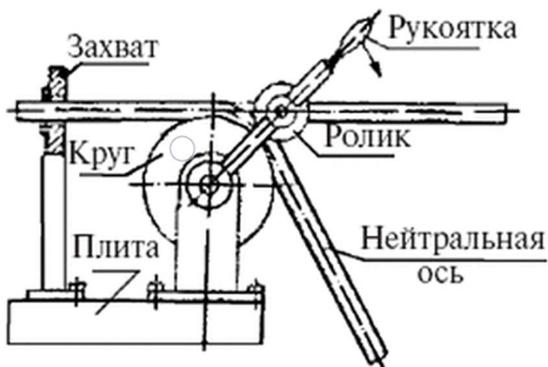


Рис. 3.9. Схема гибки труб, прутков

Очистка поверхности деталей может производиться химическим или механическим методом.

Химическое обезжиривание производят в ваннах в 15–20-процентном растворе соляной или серной кислоты с последующей промывкой водой, просушкой и пассивацией (щелочь – промывка – сушка). При производстве сварных конструкций применяется редко, так как требуются тщательная промывка от кислоты, много воды и дорогие очистные сооружения.

Дробеструйная очистка производится в камерах дробью 0,7–4 мм выбрасываемой сжатым воздухом или ротором на плоскую или искривленную поверхность. Пескоструйная очистка производится кварцевым песком с водой, чтобы избежать появления кварцевой пыли (силикоз).

Иглофрезерная очистка применяется для плоских поверхностей и осуществляется с помощью фрез малого диаметра из твердых сплавов. Это высокопроизводительный способ, он экономичнее, чем дробеструйная очистка.

3.2. Комплексная механизация заготовительных операций

С целью эффективного использования станков и механизмов для выполнения различных операций по производству сварных конструкций и снижения затрат на ручной труд необходимо рационально размещать оборудование и максимально механизировать транспортные операции. При передаче деталей с одной операции на другую, а, следовательно, с одного станка на другой, можно использовать стандартное, а иногда нестандартное оборудование, сконструированное специалистами на рабочем месте. Комплексная механизация производства должна максимально стремиться к созданию автоматической линии.

Заготовительное производство заканчивается складированием деталей в механизированном складе с вертикальными стеллажами и поворотными колоннами, перемещающимися по рельсам. Для хранения длинномерных заготовок применяют стеллажи елочного типа.

В крупносерийном производстве склады работают в автоматическом режиме и обслуживаются роботами, связанными с компьютерной обработкой информации о перемещении заготовок.

Выводы

Почти любой технологический процесс изготовления или ремонта сварной конструкции можно разбить на отдельные заготовительные и основные операции, такие как разметка, резка, сборка, сварка, контроль. Приведены схемы, раскрыты сущность и особенности каждой возможной и выполняемой операции, показано применяемое оборудование.

Контрольные вопросы

1. Чем правят листы толщиной до 60 мм?
2. Каким образом можно производить разметку под резку?
3. Каким образом может производиться резка листового металла?
4. Чем можно производить резку легированных сталей и цветных металлов?
5. Как производят гибку конических изделий?

4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕШЕТЧАТЫХ И БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

4.1. Решетчатые конструкции

Решетчатые конструкции используются в фермах (рис. 1.1), в колоннах, в стрелах кранов, в мачтах (радио, телевизионных, телефонных), в высоковольтных опорах, в мостах (рис. 1.2, б), в строительных изделиях. К решетчатым относят арматуры железобетонных изделий: сетки, каркасы, предназначенные для плит перекрытия, панелей, покрытия аэродромов, дорог. Для изготовления плоских и пространственных сеток используется автоматическая сборка и многоточечная сварка. Все решетчатые конструкции разделяют на плоские и пространственные. Особенностью является то, что все их соединительные элементы испытывают растяжение или сжатие. Соединительные элементы решетчатых конструкций изготавливают из стандартных проволок, уголков, швеллеров, арматуры, труб, стержней.

При среднем и массовом производстве для изготовления плоских решетчатых конструкций целесообразно использовать сборочно-сварочные приспособления типа УСПС. Для изготовления пространственных конструкций применяют приспособления-кондукторы, порталы (рис. 2.5).

Для закрепления соединительных элементов чаще всего применяется дуговая сварка, но иногда используют точечную контактную сварку, клепку, болтовые соединения. Часто места соединения усиливают косынками, раскосами.

Например, при изготовлении строительной фермы используется сборочное приспособление, позволяющее прижимать каждый отдельный элемент конструкции в двух местах с расчетным усилием, позволяющим уменьшить деформации от сварки. Имеющиеся в конструкции отверстия используются для установки штырей и точного выполнения размеров. Если изделие имеет пространственную форму, то его разделяют на отдельные плоские и изготавливают сначала их.

4.2. Изготовление сварных двутавровых балок

Балки (рис. 1.4) используются в конструкциях, воспринимающих не только сжатие и растяжение, но и поперечный изгиб. Балки двутаврового сечения (рис. 1.4, *a*) используют в конструкциях с нагрузками в вертикальной плоскости. Балки коробчатого сечения целесообразно применять при восприятии нагрузок в вертикальной, горизонтальной плоскости и при действии крутящего момента. Балки применяют при строительстве производственных зданий (цехов), мостовых кранов, вагонов.

Балки изготавливают из профильного проката или листовых заготовок. При изготовлении балок учитываются не только воспринимающие нагрузки, но и технологичность изготовления (возможность максимально механизировать). Балки могут изготавливать из различных металлов: сталей углеродистых, легированных, из титановых и алюминиевых сплавов. Например, палубные надстройки судна делают из алюминиевых сплавов.

Двутавровые балки изготавливают высотой до 2000 мм. Но с высотой более 800 мм на стенке устанавливают поперечные ребра жесткости для устойчивости при нагрузках.

Процесс изготовления начинается с изготовления заготовок. **Резка** может осуществляться любым способом: на гильотинных ножницах, газокислородной резкой, плазменной. После **правки** кромки заготовки обрабатывают **на кромкострогальных станках** для выравнивания и выполнения разделки под сварку. Для **сборки** используют сборочные приспособления с винтовыми и пневматическими прижимами.

Сварку стенки и полок выполняют автоматическими способами под флюсом или в защитном газе. Предпочтительна сварка «в лодочку». Для **поворота** балки в нужное положение используют двухстоечные, цепные или кольцевые кантователи (рис. 2.6, 2.7, 2.9). Сварку лучше выполнять двумя аппаратами от середины к краям, со стороны противоположной от выполненных прихваток. Сварочный пост комплектуют сварочными тракторами или подвесными головками в зависимости от габаритов балки. При установке ребер жесткости сначала приваривают ребро к стенке, а потом к полочкам, причем сварку по ребру ведут от середины к краям. Концы балки должны

быть жестко прижаты к стенду во избежание изгиба. В случае искажения формы (рис. 4.1) следует предусмотреть способы устранения деформаций: механический, термический или термомеханический (рис. 4.2, а, б, в, г). Возможен обратный прогиб перед сваркой. Исправляют при нагреве до температуры 600–700 °С по траектории клиньями или полосами (рис. 4.2, г). Правку следует выполнять нагревом выпуклой поверхности от центра вершины зигзагообразно под углом 90 или 120° (рис. 4.2, г). Нагрев последующей полосы нужно начинать после полного остывания предыдущей. Хлопун исправляется после исправления всех других деформаций балки.

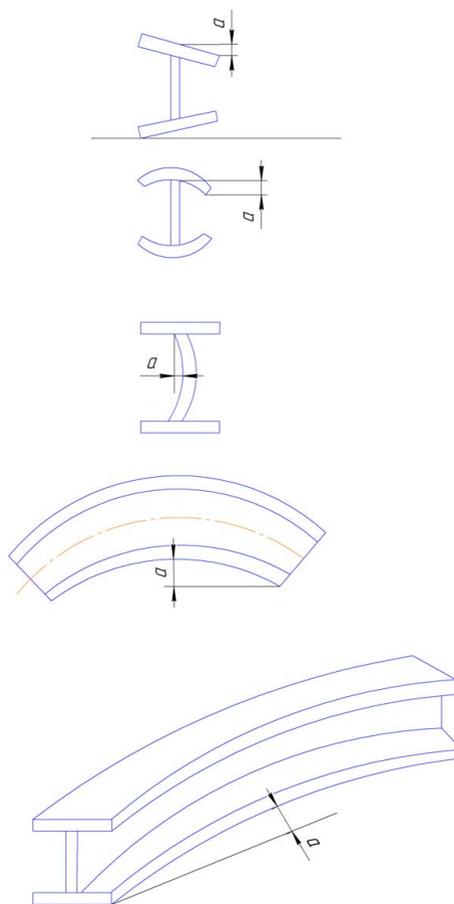


Рис. 4.1. Возможные деформации двутавровых балок

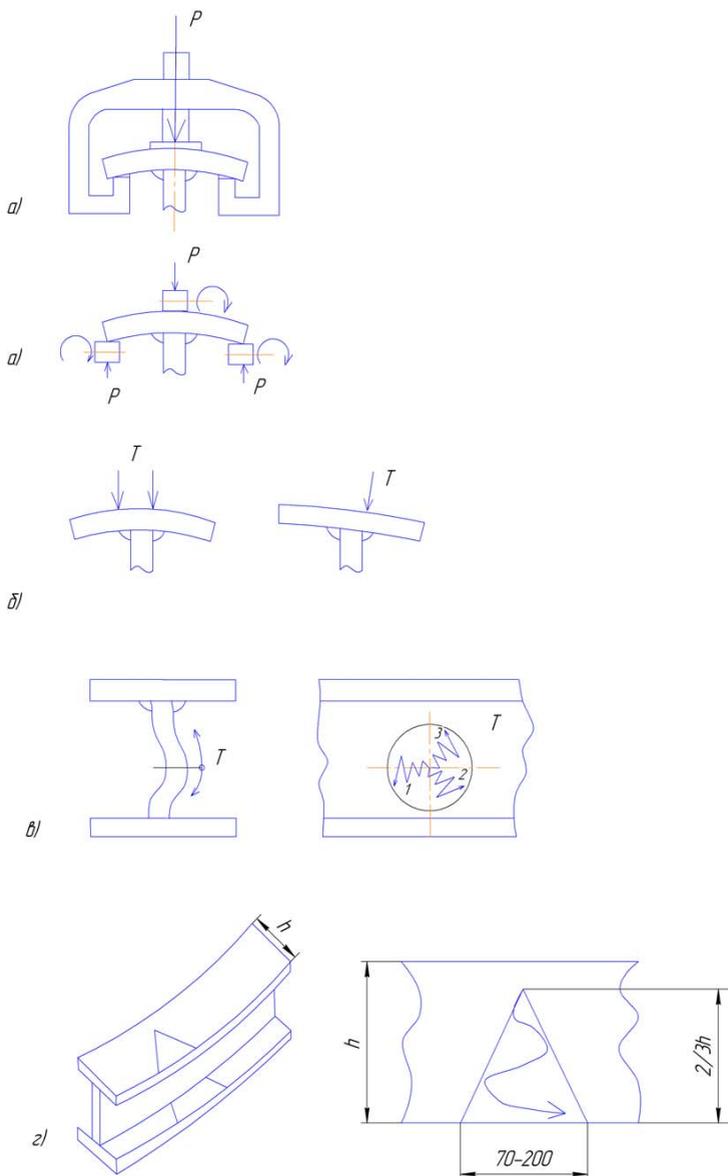
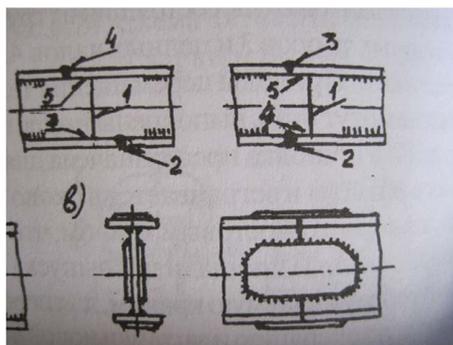
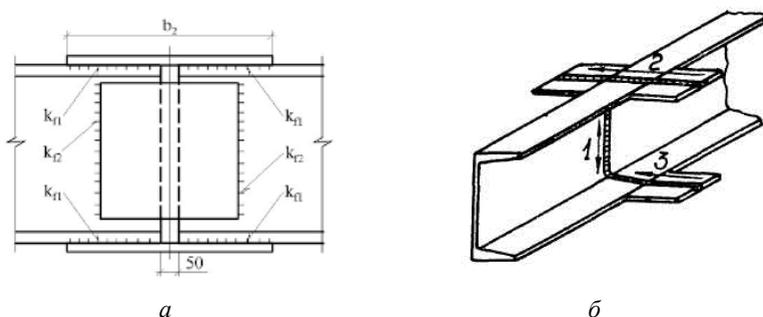


Рис. 4.2. Исправление деформаций в металлоконструкциях:
 а – грибовидности механическим способом; б – грибовидности термическим способом; в – хлопуна термическим способом;
 г – изгиба термическим способом

Одновременно со сваркой балки производят сварку образца-свидетеля на тех же режимах, что и каждая полочка. Все сварные швы балки подвергают 100-процентному гамма- или рентген-контролю. По образцу-свидетелю определяют механические свойства сварного соединения (σ_b – предел прочности; α° – угол загиба; кси – ударная вязкость).

4.3. Сварные соединения балок, рельс и стержней встык

Иногда при изготовлении изделий больших габаритов приходится состыковывать несколько балок между собой (рис. 4.3).



6

Рис. 4.3. Схема стыковки двутавровых балок: *a* – соединение с нахлесточными накладками; *б* – соединение со стыковыми накладками; *в* – порядок выполнения швов: 1, 2, 3, 4, 5

Торцевое соединение балок производят с разнесением сварных швов. Используют ручную или механизированную сварку. Стыков-

ка балок аналогична стыковке рельсов. Рельсы свариваются в звенья по 25, 37, 50 м контактно стыковой сваркой в плети до 800 м длиной. Стыковую сварку рельсов производят термитной и электрошлаковой сваркой с принудительным формированием в разъемный кокиль, изготовленный из меди (из красной меди), графита или керамики.

В строительстве широко применяется сварка арматуры железобетонных изделий различными способами: встык, внахлест, ванным способом (рис. 4.4). Для соединения железобетонной арматуры плит, панелей и колонн в них предусмотрены закладные пластины, скрепленные с арматурным каркасом изделий. Прутки к закладным пластинам приваривают ручной, механизированной, под флюсом или контактной сваркой.

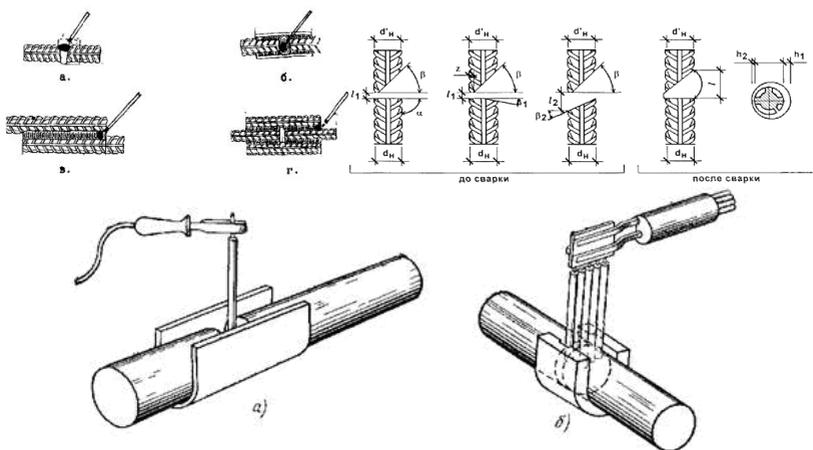


Рис. 4.4. Виды сварки арматуры железобетонных изделий: *а* — сварка одним электродом на остающейся подкладке; *б* — сварка несколькими электродами на съёмной подкладке

4.4. Соединение труб с трубными досками в теплообменниках

Теплообменники применяются в химической, нефтяной промышленности и в частном секторе для охлаждения или нагрева различных жидкостей, воды, пара, газа, в том числе и агрессивных

сред. Теплообменники изготавливаются из различных углеродистых, легированных сталей, а также из цветных металлов и сплавов.

Главное назначение теплообменников заключается в передаче тепловой энергии от одной рабочей среды к другой. Используются два вида теплообменников – трубные и пластинчатые. Они работают при температурах от -70 до $+200$ °С и давлении до 10 МПа.

Основной трудностью при изготовлении является соединение множества труб малых размеров (диаметр труб 25 мм) с трубными досками большой толщины (рис. 4.5, 4.6). Трубы с трубными досками свариваются различными дугowymi способами: ручной дуговой покрытыми электродами, механизированным способом плавящимся электродом в защитном газе, неплавящимся электродом в защитном газе с присадкой, возможно соединение контактной сваркой, взрывом.



Рис. 4.5. Сваренные трубные доски

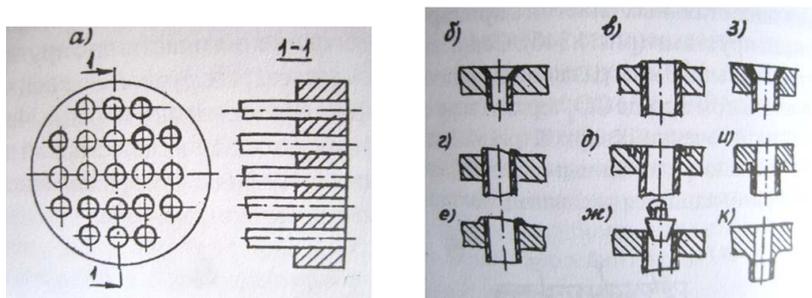


Рис. 4.6. Соединение труб с трубными досками: а – схема размещения труб с доской; б, в, г, д, е, ж, з – формы подготовки кромок труб

Выводы

Рассмотрена технология изготовления решетчатых и балочных конструкций. Подробно разъяснены последовательность и особенности изготовления двутавровой балки, приведены примеры и способы исправления возможных деформаций в балках и других конструкциях. Рассмотрена особенность соединения встык арматуры и балок. Пояснена технология изготовления решетки теплообменников.

Контрольные вопросы

1. Из каких элементов сваривается решетчатая конструкция?
2. Какова последовательность приварки элементов двутавровой балки?
3. Какой способ устранения деформаций двутавровой балки применяют?
4. Каким способом сваривается арматура железобетонных изделий встык?
5. Где применяются трубы с трубными досками?

5. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Оболочковые конструкции

Оболочковые конструкции изготавливаются из листового металла, соединенного встык, внахлест, и обеспечивают прочность и герметичность. К оболочковым относят различные резервуары, сосуды, емкости, баки и т. п., иногда работающие под давлением. В зависимости от габаритов конструкции изготавливаются в цеховых условиях или в полевых. При перевозке учитываются габариты железной дороги (3250 × 5300), линии электропередач (троллейбусов и ЛЭП). При изготовлении оболочковых конструкций не допускается крестообразное пересечение сварных швов.

5.2. Изготовление цилиндрических вертикальных и горизонтальных резервуаров

Резервуары стальные предназначены для хранения нефти, нефтепродуктов и сжатых газов. Наиболее распространенные виды резервуаров: горизонтальные РГС, вертикальные резервуары РВС. Они изготавливаются из углеродистой, низколегированной стали. На поверхность резервуаров могут быть нанесены защитные покрытия: грунтовки, лакокрасочные покрытия, электрохимическая защита металла с цинкосодержащей композицией.

Горизонтальные резервуары (рис. 5.1) изготавливаются для наземной и подземной установки, одно- и двустенные, каплевидные, с плоскими и коническими днищами. Конические днища используются для хранения сред под давлением. Резервуары могут комплектоваться второй горловиной, опорами, площадками обслуживания, технологическими колодцами и т. д. Емкость горизонтальных резервуаров составляет от 5 до 100 м³.

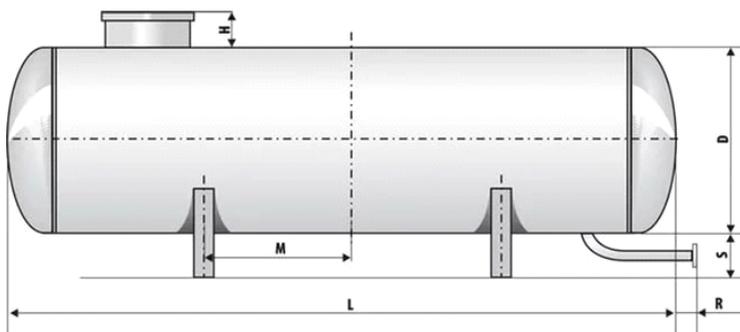


Рис. 5.1. Резервуар горизонтальный РГС

Вертикальные резервуары (рис. 5.2) изготавливают емкостью от 5 до 50 000 м³.

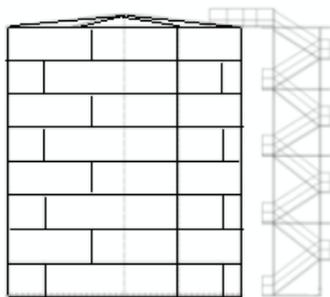
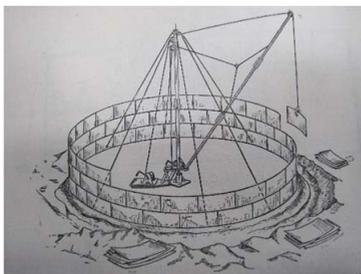


Рис. 5.2. Резервуар вертикальный РВС

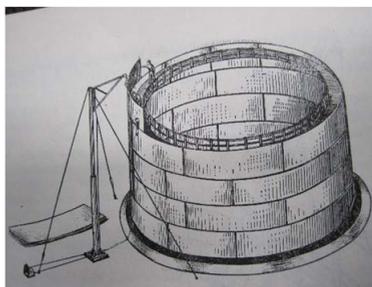
Все работы по изготовлению резервуаров выполняются квалифицированными специалистами в соответствии с требованиями нормативно-технической документации Ростехнадзора РФ. Элементы днища и стенки резервуаров поставляются как для полистовой сборки (рис. 5.3, 5.4), так и в рулоне (рис. 5.5). Для сворачивания корпуса резервуара применяется специальное устройство (рис. 5.5). При развороте рулона есть опасность уронить или спружинить. Резервуары комплектуются люками, патрубками, лестницами, площадками обслуживания и другим технологическим оборудованием.



Рис. 5.3. Полистовая сборка резервуара



а



б

Рис. 5.4. Схема сборки листов резервуара:
а – третьего пояса; *б* – пятого пояса

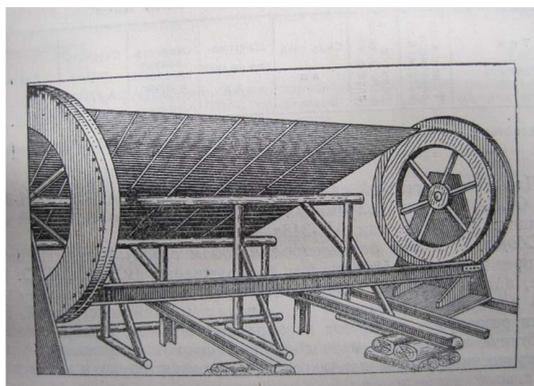
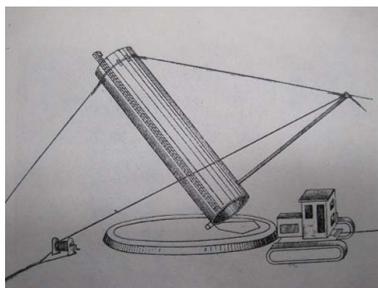
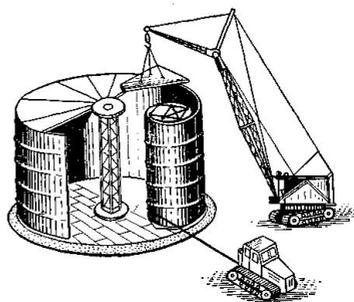


Рис. 5.5. Схема сворачивания рулона



а



б



в



г



д

Рис. 5.6. Схема разворачивания и монтажа резервуара:
 а – схема установки рулона; б – схема разворачивания рулона;
 в – начало разворачивания; г – развернута 1/4 рулона;
 д – развернута 1/2 рулона

В зависимости от объема и места расположения резервуары подразделяются на три класса: 1 класс – особо опасные, объемом более 10 000 м³, а также расположенные около водоемов или в черте городской застройки; 2 класс – повышенной опасности, объемом от 5000 до 10 000 м³; 3 класс – опасные, объемом от 100 до 5000 м³.

РВС изготавливаются с постоянной или с плавающей крышей, снижающей испарение хранящихся сред.

При изготовлении резервуара используются четыре вида соединений: стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные. Нахлесточные применяют при сварке днища, величина нахлестки не менее 30 мм. Возможна сварка днища встык на остающейся подкладке. Зазор между листами или листом и подкладкой должен быть не более 1 мм. Закрепление кромок стенки резервуара производят без прихваток поперечными гребенками или сборочными приспособлениями (рис. 2.23). Все кромки свариваемых листов с двух сторон шириной не менее 20 мм, а для автоматической сварки под флюсом шириной не менее 50 мм должны быть зачищены до металлического блеска. Первым выполняют шов изнутри резервуара. Для установки различных патрубков люков стенка резервуара усиливается накладками («воротниками») со скругленными углами.

Изготовление резервуара (рис. 5.6) начинается со сборки и сварки окроек (рис. 5.7) по периметру, после чего производится раскладка днища (листов или рулонов). Затем на окрайки устанавливают, собирают и сваривают первый пояс, закрепляя его с помощью косынок к днищу. После автоматической сварки продольных швов днища (не до конца) производится сборка и сварка днища с окрайками. Затем устанавливают и сваривают три пояса стенки. После чего производится сварка уторного шва (углового) днища со стенкой. После доварки окроек (до конца) сваривают оставшиеся пояса стенки.

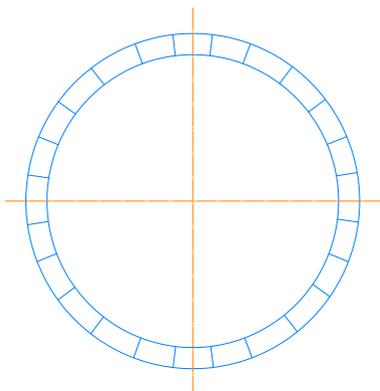


Рис. 5.7. Сварка окроек

В последнее время для хранения различных сред вместо металлических конструкций широко применяются высокопрочные синтетические материалы типа полиуретана (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Полиуретановый резервуар вместо стали

5.3. Изготовление шаровых резервуаров

Шаровые резервуары (газгольдеры) — специальные емкости, которые применяются для хранения углеводородного сжиженного газа (рис. 5.9). В технологической схеме производства и потребления газа часто возникает необходимость хранения газа под давлением (пропан, бутан или их смеси).

Основное применение данные резервуары нашли в газоперерабатывающей, нефтегазовой и нефтедобывающей отраслях, в системах автономного газоснабжения промышленных и жилых объектов.

Газгольдеры бывают: подземные и наземные, вертикальные и горизонтальные, по способу герметизации (мокрые и сухие) одностенные и двустенные, с высокой горловиной и совсем без горловины. Каждый вид имеет свои особенности, поэтому подбирается для каждого случая индивидуально. По техническим характеристикам шаровые резервуары выпускают емкостью от 300 до 19 000 м³, диаметром от 5 до 33 м, с давлением до 2,5 МПа.



a



б

Рис. 5.9. Сборка шаровых резервуаров:
a – в собранном виде; *б* – процесс сборки

Шаровые резервуары применяются также при производстве игристых вин. Вино содержится в резервуарах объемом от 50 до 600 м³ под давлением до 6 атм при температуре 60–65 °С внутри резервуара.

Все шаровые резервуары устроены одинаково: сферическая оболочка опирается на трубчатые вертикальные колонны, приваренные непосредственно к корпусу. Эти колонны передают давление емкости на бетонный фундамент. Колонны для большей жесткости могут быть соединены между собой растяжками. Резервуар обо-

рудуется наружными площадками обслуживания, лестницей для подъема. Эксплуатационное оборудование для технического обслуживания резервуара и его ремонта включает: манометры для замера давления в шаровом резервуаре; предохранительные клапаны; указатели уровня; термометры для контроля температуры; люки для проведения осмотра, вентиляции и ремонтных работ; устройства для удаления из резервуара тяжелых остатков и промывочной воды.

Иногда шаровые резервуары сооружают двустенные — для хранения сжиженного газа при обычном давлении, но очень низкой температуре (доходящей при хранении водорода или гелия до $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$). Внутренняя оболочка служит емкостью для продукта, а внешняя защищает теплоизоляцию и дает возможность поддерживать небольшое избыточное давление между оболочками. Между внутренней и внешней оболочками находится теплоизоляция от избыточного нагрева или охлаждения. Оболочки шаровых резервуаров можно сваривать из двух половин, отдельных листов или блоков (рис. 5.10, б) по несколько листов. Толщина листов может достигать 30 мм.

По РД 03-380-00 шаровые резервуары изготавливают методом:
— холодной вальцовки с толщиной оболочки 16–30 мм;
— горячей штамповки с толщиной оболочки до 120 мм.

Для изготовления шаровых оболочек применяется сталь марки 09Г2С с хорошей свариваемостью и высокими пластическими свойствами. Для агрессивных сред используется нержавеющая сталь 12Х18Н10Т или двухслойная сталь, где основной металл — сталь марки 09Г2С, а плакирующий слой — из нержавеющей стали марки 10Х17Н13МЗТ.

Монтаж шаровых резервуаров очень сложен, так как безопасность их эксплуатации требует минимальных отклонений от идеальной формы сферы. Большие размеры сооружаемых сейчас шаровых резервуаров не позволяют собирать их на заводе из-за трудностей при транспортировке. Так что они монтируются непосредственно на фундаментах в полевых условиях.

Сферические резервуары и газгольдеры малого объема, вместимостью 600 м^3 , обычно монтируют из двух полушарий, предварительно собираемых на стенде-кондукторе. В зависимости от раскрытия

приемы сборки полусфер различны. Блоки из листов устанавливают на сборочном стенде в проектное положение и соединяют укладкой непрерывных швов малого сечения, обеспечивающих прихватку собранных деталей и для последующей сварки под флюсом.

Шаровые резервуары с большим объемом собираются из листов сначала в блоки в цехе или на монтаже (рис. 5.10), а затем на монтаже блоки собирают в готовое изделие.



а



б

Рис. 5.10. Изготовление блоков из лепестков и монтаж корпуса шарового резервуара: *а* – изготовление блока и днища в цехе; *б* – сборка из блоков



Рис. 5.11. Манипулятор

Общую сборку и сварку выполняют следующим образом. Нижнюю полусферу устанавливают на временную опору, а на нее – верхнюю (рис. 5.9). Сборка заканчивается однослойной подваркой замыкающего шва, например ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. Автоматическая сварка под флюсом по ручной подварке корня шва как из полусфер, так и из листов выполняется в манипуляторе (рис. 5.11) сварочным трактором, который при сварке с внешней стороны располагается сверху на сфере, а при сварке внутри – внизу. Последовательность выполнения швов такова. С внутренней стороны подварку корня шва производят за счет глубокого проплавления.

Сначала выполняют меридиональные швы (сверху вниз) в несколько слоев с внешней стороны. Затем сваривают широтные и полюсные соединения.

Шаровой резервуар имеет меньшую поверхность по сравнению с цилиндрическим резервуаром такого же объема, благодаря чему при одном и том же рабочем давлении хранящегося продукта для изготовления шарового резервуара тратится меньше металла на единицу веса продукта.

5.4. Особенности прокладки магистральных и технологических трубопроводов

Трубопроводы относятся к особо опасным объектам, поэтому их изготовление производится строго в соответствии с нормативными документами и под контролем Ростехнадзора РФ, с обязательной аттестацией сварочного персонала, оборудования, технологии и сварочных материалов.

Магистральные и технологические трубопроводы производятся из труб диаметром от 14 до 1420 мм, длиной около 12 000 мм.

Сварочные материалы: электроды, проволока сплошного сечения, порошковая проволока, сварочные флюсы должны храниться в помещениях с температурой не менее +15 °С, относительная влажность воздуха не более 50 %, штабельность – не более 5 рядов друг на друга. Перед применением сварочные электроды требуется просушить при температуре, зависящей от вида покрытия, предела прочности. Срок годности электродов после просушки: с основным покрытием – 2 суток, с целлюлозным – 5 суток, флюса – 15 суток. Хранить электроды следует в сушильном шкафу. Любые сварочные материалы: электроды, проволоки, флюс – при сварке трубопровода выдаются сварщику для односменной работы.

Согласно нормативным документам трубопроводы могут свариваться различными способами сварки: газовой сваркой, ручной дуговой покрытыми электродами, ручной, механизированной и автоматической аргоно-дуговой сваркой вольфрамовыми электродами, механизированной и автоматической сваркой плавящейся проволокой в защитном газе, механизированной сваркой порошковой проволокой, автоматической и механизированной под слоем флюса, контактной стыковой сваркой [9; 10].

Газовой сваркой можно сваривать трубы диаметром до 89 мм и толщиной до 5 мм.

Допустимые дефекты на торце трубы: вмятины до 3,5 % от толщины стенки, а забоины и задиры не более 5 мм.

В зависимости от толщины стенки трубы возможны различные четыре вида разделки кромок. При толщине до 5 мм возможно провести сварку с полным проваром без разделки кромок. При большей толщине (вплоть до 15 мм) выполняется V-образная разделка

под углом 30 градусов каждой кромки с отклонением ± 5 градусов (рис. 5.12, а) [9]. Для объектов «Транснефть» отклонения составляют минус 5, плюс 0 градусов. Притупление кромок составляет $1,8 \pm 0,8$ мм [10]. Для толщин более 15 мм предусмотрена U-образная разделка («рюмочная») (рис. 5.12, б).

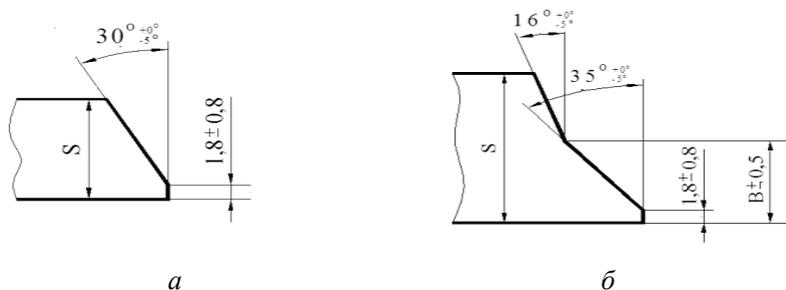


Рис. 5.12. Разделка кромок: а – форма разделки кромок труб с толщиной стенки S менее 15 мм; б – форма разделки кромок труб с толщиной стенки S более 15 мм

Четвертый вид разделки кромок – X-образная. Выполняется для сварки труб больших толщин и имеющих доступ с обратной стороны шва. X-образная разделка предпочтительнее. Зазор в стыке при сборке кромок труб не превышает 4 мм и зависит от способа сварки.

При монтаже трубопровода допускается соединять трубы одного номинального диаметра при различной толщине стенки. При разнице толщин более 2 мм трубы считаются разнотолщинными, а для их соединения необходимо большую толщину снять внутри до сравнения с минимальной толщиной под углом скоса 20 градусов (рис. 5.13). Отклонения угла скоса $\pm 3^\circ$. Разница в толщинах кромок труб, когда можно уменьшать большую толщину, может достигать двух толщин [9]. На объектах «Транснефть» – полутора толщин.

Величина зазора в стыке при сборке зависит от способа сварки и применяемых электродов. При сварке электродами с основным покрытием зазор выставляется 2,5–3,5 мм, при сварке с рутитовым покрытием – 2–3 мм, с целлюлозным покрытием 1,5–2,5 мм. При автоматических способах сварки стыки собираются без зазора на съемной подкладке. Допускается локальный зазор при сварке под флюсом до 1 мм, а в защитном газе – до 0,5 мм.

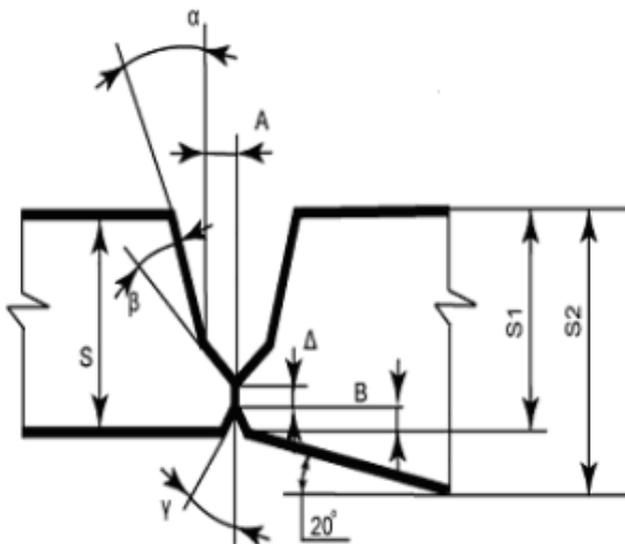


Рис. 5.13. Схема разделки кромок разнотолщинных труб:
 S , S_1 , S_2 , A , B , α , β , γ , Δ – размеры для разделки

При сварке магистральных трубопроводов разрешается применять электроды с основным или целлюлозным покрытием. На технологических трубопроводах можно применять электроды с рутиловым покрытием, но только для отдельных категорий труб с пределом прочности не более 36 кг/мм^2 .

На трубопроводах диаметром до 377 мм может производить сварку один сварщик. Если диаметр более 377 м , сварку выполняют два сварщика: каждый снизу вверх своей половины трубы. Перед сваркой трубопровода каждый сварщик должен сварить допускной стык и получить допускной лист для сварки трубы определенного диаметра, материала, толщины и слоя. Если стык сваривается двумя и более сварщиками (каждый свой слой – это называется бригадным методом), то в допускном листе указывается конкретно, какой сварщик допущен для сварки какого слоя: корневого, подварочного, заполняющего или облицовочного. При сварке допускного стыка сварщик может один выполнять все слои, тогда он получает допуск для сварки любого слоя.

При сборке труб возможно отклонение поверхностей, называемое смещением. Смещение может быть снаружи или внутри тру-

бопровода. В трубопроводах, изготовленных цельными, без сварки, их называют бесшовными, внутреннее смещение допускается до 2 мм. Возможно местное смещение 3 мм на участке длиной до 100 мм. В электросварных трубах с прямолинейным или спиральным швом внутреннее или внешнее смещение может быть 2 мм, для толщин стенки — до 10 мм. Для больших толщин возможно смещение до 3 мм. Заводские сварные швы стыкуемых труб не должны совпадать минимум на 100 мм.

Перед простановкой прихваток и при необходимости перед сваркой кромки трубопровода просушивают при температуре 20–50 °С газовыми горелками. В зависимости от вида покрытия электрода, толщины стенки трубы, эквивалента углерода и окружающей температуры возможна потребность в предварительном подогреве кромок трубопровода. Температура может быть от 110 до 200 °С [9]. Ширина зоны подогрева должна быть не менее 150 мм для двух кромок. Если свариваются трубы, требующие различных температур подогрева, то подогрев выполняется до максимально требуемой. Для толщин стенки трубопровода до 16 мм подогрев может выполняться или газовыми горелками, или индукторами. Для больших толщин — только индукторами. Контроль температуры подогрева может осуществляться различными способами: термокарандашами, термопарой, пирометрами на зачищенном расстоянии не менее 10–15 мм от кромки [9].

При сборке труб и удержании в требуемом положении с необходимым зазором выполняются прихватки определенной длины и с определенным шагом на тех же режимах, на которых выполняется сварка корня шва. Количество и длина прихваток зависит от диаметра трубопровода. Чем больше диаметр, тем больше количество и длина прихваток. При двухсторонней автоматической сварке, выполняемой, как правило, на трубосварочных базах (БТС), делается одна прихватка длиной не менее 200 мм. При сборке трубопроводов диаметром до 400 мм выполняется две прихватки длиной 30–50 мм. На трубопроводах диаметром 400–1000 мм выполняется три прихватки длиной 60–100 мм. На трубопроводах диаметром свыше 1000 мм делается четыре прихватки длиной 100–200 мм. Прихватки ставятся равномерно по диаметру трубы. Кромки трубопровода

на ширину 20 мм должны быть зачищены металлической щеткой (ручной или механической) для удаления грязи, масла, окислы, ржавчины и пр. до металлического блеска.

После прихваток перед сваркой в случае остывания стык требуется подогреть дополнительно до требуемой температуры. Начинать сварку следует, отступив минимум на 100 мм от заводского продольного шва трубы.

Сварка трубопровода начинается со сварки корневого слоя, обычно снизу вверх с одной стороны трубы. Скорость качественной сварки покрытым электродом может достигать до 5 м/ч. Со второй стороны трубы шов начинают с перекрытием (замок) первого шва первой половины трубы на 20–30 мм. Корневой слой выполняется без остывания. В случае остановки и остывания корневого слоя шва ниже температуры предварительного подогрева шов следует удалить. Если стык трубопровода требует подварку изнутри, то затем выполняется подварка. Но только для труб диаметром более 1000 мм или с доступом без залезания внутрь. Затем выполняют заполняющие слои, количество которых зависит от толщины стенки, последним делается облицовочный шов. Если при сварке заполняющих или облицовочного слоев шов охладился, то выполняется сопутствующий подогрев до температуры предварительного подогрева. Если толщина стенки трубопровода менее 10 мм, то все слои выполняют непрерывно. Также непрерывно производят сварку всех слоев при сварке захлеста, при сварке патрубков, сероводородсодержащих труб. При сварке трубопровода толщиной более 10 мм допускается сделать перерыв, если сварено не менее 2/3 толщины, но доварить все оставшиеся слои надо в течение суток.

Сварку электродами с основным покрытием выполняют на постоянном токе обратной полярности. Сваривать трубопровод электродами с целлюлозным покрытием можно на прямой, можно на обратной полярности, но сначала производят сварку корневого слоя шва (снизу вверх). Затем требуется выполнить «горячий проход», который выполняется на повышенном токе (180–200 А), на повышенной скорости (18–20 м/ч), сверху вниз. Перерыв между сваркой корневого слоя и «горячим проходом» должен быть не более 5 минут, перерыв между последующими слоями – 10–12 минут.

Если предусмотрена подварка корня шва, то она выполняется перед сваркой заполняющих слоев, а не после облицовочного слоя.

Таков же порядок укладки слоев при автоматической односторонней сваркой под флюсом.

Облицовочный слой должен перекрывать основной металл в обе стороны на 2,5–3,5 мм. Усиление (выпуклость) шва и проплав корня шва должен быть 1–3 мм. Ширина подварочного слоя 8–10 мм.

При автоматической двухсторонней сварке под слоем флюса предусматривается обязательный контроль каждого 200-го стыка. Из него делается макрошлиф, по которому определяют соосность внешнего и внутреннего слоев, провар и прочее. Отклонение от соосности не должно быть более 2 мм. В случае отклонений от требований производится корректировка режимов сварки и производится контроль этого шлифа другим, неразрушающим способом. При удовлетворительных результатах контроля все предшествующие сваренные 199 стыков считаются условно годными.

Величина тока при сварке трубопровода не должна быть менее минимального значения в указанном диапазоне токов.

Ширина облицовочного шва получается в 1,1–1,5 раза больше толщины стенки.

При автоматической сварке неповоротного шва расстояние между трубой и землей должно быть не менее 600 мм, что определяется размерами сварочного оборудования. Иногда – 300 мм, если оборудование закреплено под углом к поверхности трубы 45°.

При вварке в трубу патрубка следует вырезать отверстие на расстоянии не менее 250 мм от сварного шва. Вварка патрубка выполняется только при положительной температуре окружающего воздуха. Отверстие вырезается на 10 мм меньше внутреннего диаметра патрубка. Диаметр ввариваемого патрубка выбирается не более 1/3 от диаметра основной трубы. После вырезки отверстия патрубок закрепляют на четырех прихватках. Сварка выполняется непрерывно всех слоев в зависимости от толщины патрубка. При необходимости приварка к трубе и патрубку накладки (воротника) сначала производят контроль приваренного патрубка без накладки. Накладка закрепляется на шести прихватках, и сварка начинается с внутреннего шва накладки, а затем наружного. Место сварки па-

трубка требует проведения низкого отпуска ($\approx 200^\circ$) с последующим медленным остыванием соединения под укывным материалом. После приварки патрубка производится контроль сварного соединения. При приварке к концу патрубка заглушки она выполняется минимум в три прохода. Ремонту такое соединение не подлежит. Оно вырезается, и вваривается катушка длиной не менее диаметра основной трубы.

Соединение захлеста двух труб, приведенных с разных сторон трубопровода, выполняется из труб только одинаковой толщины. Захлест сваривается из двух труб или вваренной между ними катушки. Если хотя бы одна труба не заземлена (не засыпана) на длину 60–80 м, то есть существует возможность регулирования зазора в стыке, то можно сварить без катушки. А если заземлены оба конца труб, то следует встык между двумя трубами вварить катушку, слои ввариваются непрерывно друг за другом. В месте сварки захлеста в земле выбирается грунт размером 2×2 м.

Ремонт труб диаметром до 1000 мм выполняется только снаружи, чашеобразная вышлифовка дефекта — по 30 мм в каждую сторону. Внутри трубы диаметром более 1000 мм слесарю или сварщику можно работать только на тележке, закрепленной ремнями глубиной не более 36 м, с освещенностью не более 12 В. При этом снаружи должны страховать работающего не менее двух человек.

При стыковой контактной сварке труб оплавлением зазор при сборке должен быть не более 7 мм для больших диаметров. При стыковой сварке труб различной толщины регистрирующие параметры режима выбираются по наибольшей толщине стенке трубы.

Выводы электрохимической защиты (ЭХЗ) выполняются привариванием стального вывода к трубе термитной сваркой.

Выводы

К оболочковым конструкциям относятся вертикальные и горизонтальные резервуары, трубопроводы, сосуды, емкости, баки и т. п., иногда работающие под давлением. Рассмотрены конструкции и способы изготовления резервуаров. Подробно пояснена технология сборки и сварки магистральных и технологических трубопроводов, относящихся к особо опасным изделиям.

Контрольные вопросы

1. Из какого материала изготавливаются резервуары для нефти и нефтепродуктов?
2. Какие виды соединений используются при изготовлении резервуара?
3. Где должны располагаться прихватки на монтажных стыках стенок резервуаров?
4. Где выполняется первый шов на стенке резервуара?
5. Что называют «окрайками» при изготовлении вертикального резервуара?
6. Когда производится сварка днища с окрайками вертикального резервуара?
7. Когда производится сварка уторного (углового) шва окрайки с первым поясом стенки резервуара?
8. Электроды с каким покрытием применяются при изготовлении магистрального трубопровода?
9. В какой момент времени выполняют подварку корня на магистральном трубопроводе большого диаметра?

6. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Представителями корпусных конструкций являются кузова автомобилей, судов, вагонов, подводных лодок. Общим для них является изготовление плоских или криволинейных полотнищ, соединенных в жесткую пространственную конструкцию, воспринимающую знакопеременные статические, динамические и вибрационные нагрузки.

6.1. Изготовление кузовов вагонов

Кузов пассажирского вагона имеет опорную раму, выполненную из хребтовой балки, установленной под днищем, с закрепленными на ней боковыми стенками, накрытыми крышей (рис. 6.1). Все элементы рамы (хребтовая балка 1, поперечные ребра жесткости) соединены механизированной сваркой в углекислом газе. Боковые стенки 2 имеют решетчатую конструкцию, закрытую снаружи листовой обшивкой (толщина 1,5–4 мм). Жесткость обшивке придают гофры, выполненные на боковых стенках или на приваренных элементах. Крыша вагона 4 также имеет решетчатую основу, накрытую гофрированной обшивкой.

После изготовления крупных узлов вагона, таких как опорная рама, настил пола, боковые стенки, крыша, тамбурные стены, начинается сборка всего вагона. Для изготовления плоских узлов используют специальные стенды с пневмоприжимами. Для сборки и сварки таких узлов используют порталную машину (рис. 2.5) с контактной точечной сваркой или механизированной сваркой в защитном газе.

Изготовление крыши, имеющей округленную форму, производят путем укладывания листов на каркас и приваркой контактной точечной или дуговой сваркой двумя сварочными головками, перемещающимися одновременно по криволинейной траектории.

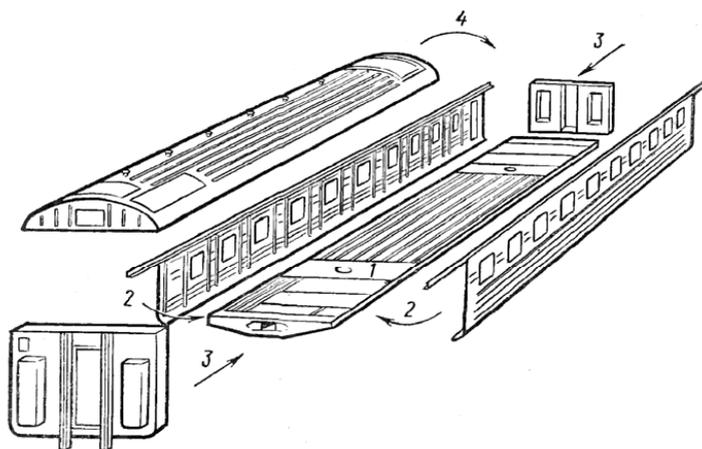


Рис. 6.1. Конструкция вагона: 1 – хребтовая балка; 2 – боковые стенки; 3 – тамбурные стенки; 4 – крыша

Сварку боковых стен производят на поточной линии, наращивая отдельные листы, соединяя их дуговой сваркой встык и накрывая место сварки гофрой. Решетчатые панели боковых стен сваривают автоматической сваркой под флюсом.

В последнее время широкое применение нашло использование для кузовов вагона алюминиевых сплавов, что снижает вес вагона и потребление электроэнергии. В РФ применяются вагоны типа «Ласточка», изготовленные в ООО «Уральские локомотивы», «Сапсан», изготовленные в Санкт-Петербурге.

6.2. Изготовление кузовов легковых автомобилей

Кузов автомобиля (рис. 6.2) изготавливают на крупносерийном производстве, поэтому требуется высокая точность заготовок. Узлы кузова, днище, стенки, крышу и т. п., как и сам кузов, собирают на поточных линиях, оснащенных комплексом различных машин и механизмов для сборки, сварки и перемещения. Применение многоточечных машин повышает эффективность производства за счет объединения операций сварки на одном месте. Использование при сборке и сварке кузова роботов повышает уровень механизации производства.

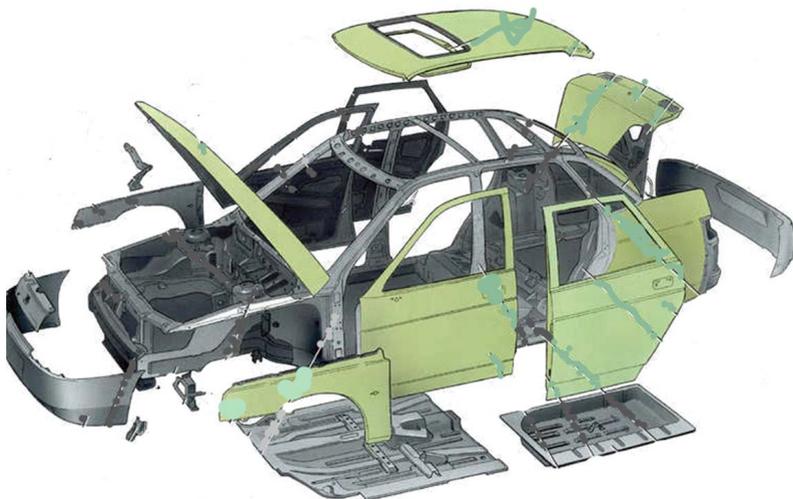


Рис. 6.2. Кузов автомобиля

6.3. Изготовление корпусов судов

Корпуса различных судов изготавливают из разных металлов (из углеродистых, легированных сталей, алюминиевых и титановых сплавов) только сваркой. Конструкция кузова – это очень сложное сооружение из листовых и профильных элементов (из шпангоутов по бортам, флоров по днищу и бимсов под палубой.). Корпус надводного судна (рис. 6.3) состоит из набора (остова), обшивки, палуб, платформ, внутреннего дна, продольных и поперечных водонепроницаемых переборок. Корпус имеет пространственную решетчатую конструкцию, накрытую листовой наружной обшивкой округленной формы. Большое количество пересекающихся элементов конструкции предъявляет повышенные требования к выполнению соответствующих сварных швов для обеспечения точности соблюдения размеров и герметичности кузова. Сложность конструкции требует высокой точности выполнения всех операций (разметка – фотопроекторная, резка – плазменная по чертежам-копирам с программным управлением).

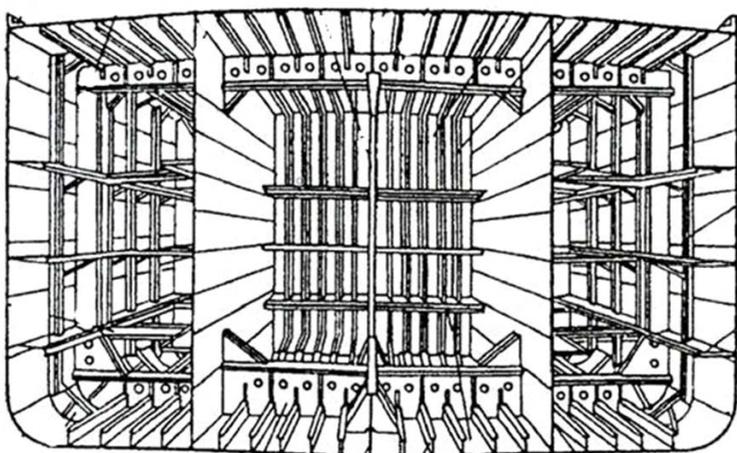


Рис. 6.3. Корпус судна

Изготовление частей корпуса производят сборными плоскими или пространственными секциями и блоками, разбитыми с учетом веса, жесткости узлов и т. д. В настоящее время технологический процесс предусматривает изготовление блоков в основном в цеховых условиях, при максимальной механизации, с применением автоматической сварки под флюсом. Листы до 10 мм толщиной сваривают с формированием обратной стороны шва медным ползуном, связанным со сварочным трактором ножевой тягой через зазор в стыке. Сначала сваривают продольные наборы, затем поперечные.

Для изготовления элементов кузова определенной формы с нужным прогибом используют универсальные регулируемые постели (рис. 6.4). Вертикальные, наклонные монтажные швы толщиной 7–14 мм целесообразно выполнять автоматической сваркой порошковой проволокой с принудительным формированием шва. Судна округлой формы применяются при изготовлении подводных суден (рис. 6.5).

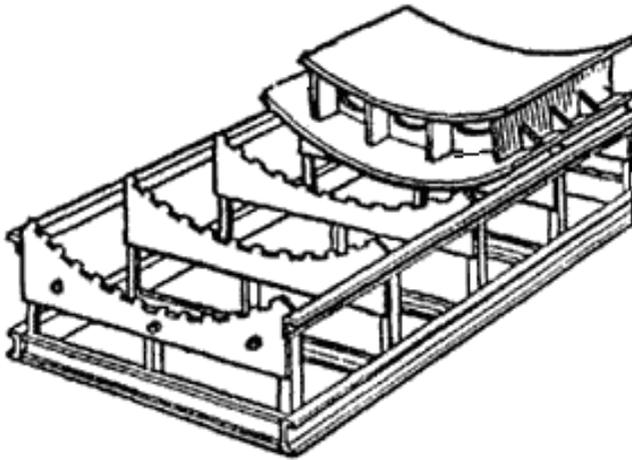


Рис. 6.4. Постель для сборки

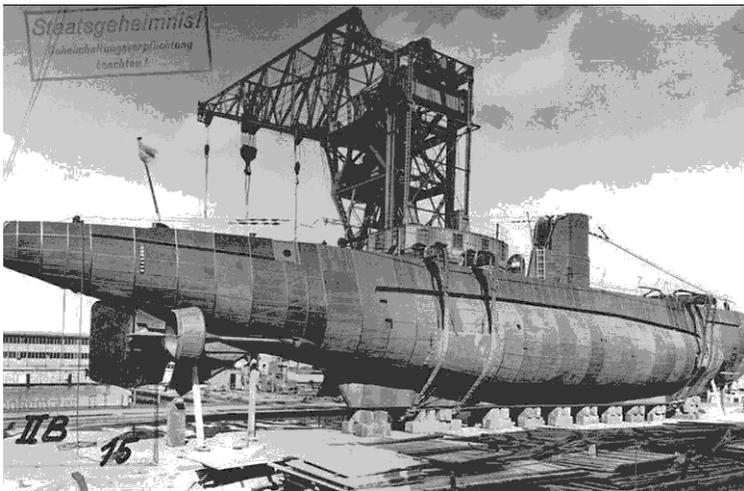


Рис. 6.5. Корпус немецкой подводной лодки

Выводы

Представителями корпусных конструкций являются кузова автомобилей, судов, вагонов, подводных лодок. Рассмотрены конструкции кузова железнодорожного вагона, легкового автомобиля, корпуса судна.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов состоит кузов пассажирского вагона?
2. Что такое «хребтовая балка» железнодорожного вагона?
3. Как производится изготовление кузова легкового автомобиля при крупносерийном производстве?
4. Какова последовательность изготовления корпуса судна?
5. Для чего применяется универсальная регулируемая постель?

7. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА СВАРКОЙ

7.1. Ремонт валов

При работе разных механизмов происходит износ различных деталей.

1. В автомобилях и подвижной технике, двигателях и компрессорах: коленчатые валы, бронзовые и баббитовые подшипники скольжения, штоки гидро- и пневмоцилиндров, полуоси, рулевые рейки, валы и корпуса коробок передач, клапаны и др.

2. В станочном оборудовании: пиноли, валы, вал шестерни.

3. Валы, крышки и корпуса электродвигателей.

4. Валы, защитные втулки, рабочие колеса, лопатки и корпуса насосов, вентиляторов и дымососов, нагнетателей.

5. Детали гидро- и пневмосистем: поршни, штоки, плунжеры.

6. Детали полиграфического и бумажного производств.

7. Детали и механизмы следующих отраслей: судостроение, нефтегазовый комплекс, металлургическое производство, пищевая и биохимическая промышленность (шлюзовые затворы, экструдеры, валы и барабаны помольных мельниц), карьерная техника и горнодобывающее оборудование, текстильная промышленность.

Применяемые функциональные покрытия: коррозионностойкие в атмосферных условиях, пресной и морской воде, растворах кислот и щелочей, расплавах, износостойкие, жаропрочные, термостойкие, фрикционные, антифрикционные, антиадгезионные, электроизоляционные, электропроводные, декоративные.

Для ремонта изношенных деталей применяют различные восстановительные технологии: плазменная и электродуговая наплавка, плазменное и газотермическое напыление, электродуговая металлизация, гальваника, термообработка, коррозионная защита крупногабаритных конструкций и емкостей от различных сред.

К основным повреждениям вала относятся: риски и задиры на посадочных поверхностях, задиры в шпоночных пазах, износ и изменение формы и размеров, уменьшение диаметров посадочных поверхностей под подшипник и сердечник, овальность и конусность посадочных поверхностей, поломка, забитые цен-

тральные отверстия. На коленчатых валах автомобилей обычно происходит износ шейки крепления шатунов (рис. 7.1).

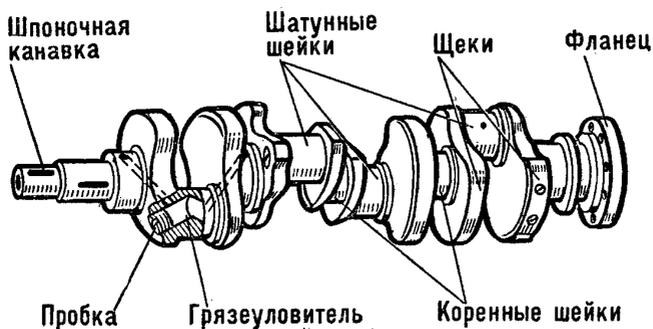


Рис. 7.1. Коленчатый вал

Риски и задиры на валах под подшипник устраняют шлифовкой, если их общая площадь не превышает 4 % от общей посадочной поверхности и 10 % — под муфту, шкив, шестерню или шпонку. Шлифовка производится бархатным напильником или шлифовальной наждачной бумагой, слегка смоченной маслом. Если износ размеров выходит за размеры допусков, указанных на чертежах, или зона дефектов превышает установленные допуски, то дефекты устраняют каким-либо другим методом. Износ определяется или отклонением рабочих параметров механизма, или глубиной износа за допустимые значения.

Для восстановления валов, роторов, цапф и посадочных мест подшипников наиболее широко применяются следующие способы наплавки изношенных посадочных мест (коэффициент долговечности (Кд) восстанавливаемой детали см. в табл. 2).

1. Контактная наварка металлической ленты. Сущность способа заключается в приварке к изношенной поверхности детали стальной ленты мощными импульсами с силой тока 5—5,5 кА.

2. Механизированная наплавка в среде защитных газов (рис. 7.2).

В качестве защитной среды используют углекислый газ с добавкой аргона. Режим работы: наплавку ведут на постоянном токе обратной полярности, толщина наплавляемого слоя 0,8—1,0 мм, сила тока 85—110 А, напряжение 18—20 В, шаг наплавки 2,8—3,2 мм.



Рис. 7.2. Наплавка гребного вала теплохода

3. Плазменная сварка и наплавка (рис. 7.2). Наиболее распространенным и простым способом наплавки является наплавка по заранее насыпанному на наплавляемую поверхность порошку. Наплавочный материал – порошок ПГ-УС25, толщина наплавляемого слоя 1,5 мм, ток 140 А, скорость наплавки 0,17 м/мин. Оборудование: установка для плазменной наплавки УПН-303.



Рис. 7.3. Плазменное порошковое напыление

4. Автоматическая вибродуговая наплавка. Можно наплавлять детали диаметром от 10 до 400 мм. Рекомендуется применять режимы наплавки в следующих пределах: сила тока 120–250 А, напряжение 18–22 В, скорость подачи электродной проволоки 14–22 мм/с, диаметр электродной проволоки 1,5–2 мм.

5. Ручная дуговая наплавка. Наплавка выполняется металлическими плавящимися одиночными электродами, пучком электродов, лежащими пластинчатыми электродами и т. д. Для наплавки используют электроды диаметром 3–6 мм. Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока должна составлять 11–12 А/мм².

6. Наплавка под слоем флюса. Электрическая дуга горит под слоем гранулированного флюса в газовом пузыре. Сварочный ток 150–200 А/мм² на единицу площади проволоки. Коэффициент наплавки в 1,5–2 раза выше, чем при ручной электродуговой наплавке.

Таблица 2

Кд восстанавливаемой детали

Способ восстановления	Кд
Вибродуговая наплавка	0,558
Электродуговая наплавка	0,336
В среде углекислого газа	0,518
Газовая сварка	0,343

Для восстановления некоторых деталей применяются полимерные восстанавливающие покрытия. Преимущества полимерных технологий состоят в следующем:

1. Вал иногда не требуется демонтировать.
2. Технология приемлема для валов и роторов разных размеров.
3. Ресурс восстановленного вала составляет 90–95 % от ресурса нового.
4. Стоимость восстановленного вала равна 10–30 % от цены нового.
5. Возможность многократного восстановления одного вала.

7.2. Ремонт чугунных изделий

Чугун известен как сплав железа с углеродом, содержание которого может быть от 2 до 6 %. Такое высокое содержание углерода приводит к нахождению углерода в свободном состоянии. В чугуне присутствуют кремний, сера, марганец и фосфор, при этом фосфора и серы в чугунном материале больше, нежели в стали. В легированном чугуне могут содержаться добавки молибдена, ванадия, никеля и хрома. В зависимости от вида добавок различают белый, серый и ковкий чугун. Почти все добавки и приводят к ухудшению свариваемости.

Главное затруднение при сварке чугуна – это возникновение холодных трещин. Однако, подобрав правильный режим сварки, можно обеспечить достаточно хорошее качество (рис. 7.4). К технологическим приемам снижения вероятности появления трещин относят:

- 1) предупреждение перегрева чугуна при сварке, что достигается использованием электродов малого диаметра, проведением сварки малым током или сваркой в разных местах (поочередно);
- 2) уменьшение напряжений, которые возникают в результате усадки металла швов или наплавки, получаемых проковкой в горячем состоянии и уменьшением объема наплавленного чугуна.



Рис. 7.4. Заваренная трещина

Сварке не поддаются чугуны, работающие длительное время в горячем масле и впитавшие масло, как губка.

Особенности сварки чугуна:

1. Чугун – жидкотекучий материал, поэтому его сварку осуществляют в нижнем положении.
2. При выгорании углерода в сварном шве образуются поры.
3. Низкая пластичность металла приводит к существенным внутренним напряжениям и возникновению закалочных структур, которые способствуют образованию трещин.
4. В расплавленном состоянии чугун окисляется с формированием тугоплавкого окисла, температура плавления которого выше, чем у чугуна.

Сварка чугуна осуществляется двумя методами:

- 1) горячий – выполняется предварительный подогрев детали до температуры 600–650 °С. Данный способ применяется только в промышленных условиях;
- 2) холодный – подходит для домашних условий. Главное – избегать перегрева и исключить быстрое охлаждение.

Для холодной электросварки чугуна применяются электроды:

- 1) стальные малоуглеродистые (УОНИ-13/45, АНО-4). В этом случае для увеличения прочности сварного соединения в разделки кромок устанавливают стальные шпильки;
- 2) специальные – ОЗЧ-2 и ОЗЧ-6 (с содержанием железного порошка в составе покрытия), МНЧ-2 (состоят из никеля, меди и железа). ОЗЖН-1, ОЗЧ-3 и ОЗЧ-4 содержат до 90 % никеля;
- 3) чугунные – ЦЧ-4. Этой маркой электродов можно сваривать даже чугун со сталью.

Можно самостоятельно изготовить железно-медные стержни – на обычные углеродистые (УОНИ-13/45 или АНО-4) наматывается по спирали медная (ни в коем случае не латунная, которая выделяет в атмосферу ядовитые вещества) проволока сечением до 2 мм².

Для ремонта радиаторов, впускных/выпускных клапанов двигателя и т. д. используется аргоно-дуговая сварка. Часто приходится ремонтировать чугунные детали автомобилей, станков и других агрегатов.

Электросварка чугуна выполняется в нижнем положении из-за его повышенной жидкотекучести. Категорически запрещено принудительное охлаждение — ведет к образованию трещин. Сваривать нужно, не допуская перегрева. Чтобы предупредить вытекание металла, используются графитовые подложки.

Правила заварки трещин:

1. Ведут разделку строго по трещине.
2. Концы трещин засверливают не насквозь на расстоянии 10 мм от их концов сверлом диаметром на 1–2 мм больше ширины трещины.
3. Сквозные трещины можно разделять с одной или двух сторон, все определяется толщиной металла и удобством проведения разделки.
4. На трещины, которые друг от друга расположены слишком близко, принято наваривать заплатку, как на пробоины.

7.3. Ремонт изделий из легкоплавких сплавов

Трудности сварки алюминиевых и магниевых сплавов состоят в повышенной жидкотекучести, повышенной теплопроводности, быстро восстанавливающейся окисной пленке.

Ремонт изделий из алюминиевых сплавов включает в себя:

- 1) анализ повреждения изделия (трещины, износ, сколы, отсутствие частей и т. д.);
- 2) определение химического состава сплава изделия;
- 3) выбор сварочных материалов (присадочные проволока и прутки);
- 4) подготовку изделия под сварку: разделку и зачистку зоны сварки, подготовку недостающих элементов (заплаты, косынки, имитаторы сколотых элементов), закрепление изделия в приспособлении для устранения сварочных деформаций;
- 5) выбор оптимальных параметров режима сварки: способ сварки, источник питания, горелка, величина сварочного тока, расход защитного газа; порядок наложения швов и их направление;
- 6) проведение сварки;
- 7) визуальный контроль качества сварного соединения: испытания изделия на герметичность (при необходимости), керосиновая проба, пневмоиспытания, гидроиспытания.

Выводы

Рассмотрен ремонт валов различными способами. Описан ремонт наплавкой. Дано описание особенностей и последовательности ремонта чугунных изделий. Приведена последовательность ремонта изделий из легкоплавких сплавов.

Контрольные вопросы

1. Какие технологии используются для восстановления изношенных деталей?
2. Возможно ли восстановление деталей производить контактной наваркой?
3. Как производится плазменное порошковое напыление?
4. Каково главное затруднение при сварке и ремонте чугуна?
5. Порядок заварки трещин в чугуне.
6. В чем трудность заварки дефектов из легкоплавких материалов?

8. ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Современное сварочное производство невозможно без применения промышленных роботов. Благодаря своей кинематике промышленный робот способен выполнять быстрые и точные манипуляции со сварочной горелкой, выполнять сварку протяженных и сложных конструкций, кроме того, служить для выполнения вспомогательных операций. К последним относятся плазменный раскрой заготовок, разметка, зачистка, взаиморасположение элементов сварной конструкции, контроль изготовленного сварного шва.

Применение робототехники – универсальный путь автоматизации сварочной технологии не только в серийном, но и в мелкосерийном производстве, так как при смене изделия можно использовать тот же робот, изменяя лишь его программу. Роботы позволяют заменить монотонный физический труд, повысить качество сварных изделий, увеличить их выпуск. Один робот может заменить труд четырех человек. При изготовлении сварных изделий следует иметь в виду, что сравнительно просто применять роботов для контактной точечной сварки нахлесточных соединений, сложнее – для электродуговой сварки угловых и тавровых соединений, крайне сложно – для электродуговой сварки стыковых соединений.

Для перемещения не ориентированных в пространстве предметов достаточно трех степеней подвижности, а для полной пространственной ориентации – шести. Для выполнения сварных швов в общем случае необходимо иметь пять степеней подвижности.

Обычно три степени подвижности обеспечивает базовый механизм робота, а еще две степени добавляет механическое устройство – кисть робота, на которой крепится рабочий инструмент (сварочная головка, клещи для контактной сварки или газовый резак).

Промышленные роботы имеют различные системы координат: прямоугольную, цилиндрическую, сферическую, шарнирную. Наиболее распространены в сварочных работах шарнирная и прямоугольная кинематические схемы координат. Шарнирная схема координат позволяет обеспечивать скорость движения рабочего инструмента в диапазоне как медленных (рабочих

скоростей – 1 мм/с), так и быстрых (транспортных скоростей – 2000 мм/с) перемещений.

В промышленных роботах применяют пневматический, гидравлический и электрический приводы.

Выводы

Кратко показаны преимущества применения промышленных роботов и особенности их выполнения для различных операций технологических процессов.

Контрольные вопросы

1. Какие операции технологического процесса могут выполнять промышленные роботы?
2. Может ли промышленный робот осуществлять дуговую сварку?
3. Сколько степеней подвижности должен иметь робот для полной пространственной ориентации?
4. Какие системы координат имеют промышленные роботы?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии приведена классификация известных сварных конструкций и основных технологических процессов их изготовления и ремонта. Подробно проанализированы преимущества и недостатки каждого из рассмотренных способов сварки, известных из публикаций.

Рассмотрено оборудование, приспособления и транспортирующие механизмы, применяемые при сварочных и вспомогательных операциях. Дано представление о конструкциях, приведены преимущества и недостатки различных вращателей, сварочных колонн, кантователей, роликовых стенов. Приведены способы формирования корня сварного шва и устройства для этого. Указаны назначение, последовательность и особенности составления схемы базирования деталей в приспособлении.

Подробно рассмотрены технологические процессы и особенности изготовления решетчатых, балочных, оболочковых, корпусных конструкций.

Рассмотрена особенность проведения технологических процессов по ремонту валов, чугунных изделий, а также изделий из алюминиевых сплавов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.] ; под ред. А. И. Акулова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Машиностроение, 2003. — 559 с. — ISBN 5-217-03130-1.
2. Сварка. Резка. Контроль. Справочник. В 2 томах. Том 1 / Н. П. Алешин, Г. Г. Чернышев, А. И. Акулов [и др.] ; под ред. Н. П. Алешина [и др.]. — Москва : Машиностроение, 2004. — 619 с. — ISBN 5-217-03263-4.
3. Теория сварочных процессов: учебник / В. Н. Волченко, В. М. Ямпольский, В. А. Винокуров, В. В. Фролов ; под ред. В. В. Фролова. — Москва : Высшая школа, 1988. — 558, [1] с.
4. Сварка и резка материалов: учеб. пособие для учреждений начального профессионального образования / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.] ; под ред. Ю. В. Казакова. — 9-е изд., стер. — Москва : Академия, 2010. — 398, [1] с. — (Начальное профессиональное образование. Металлообработка). — ISBN 978-5-7695-7590-7.
5. Куркин, С.А. Сварные конструкции : Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве : учебник для вузов / С. А. Куркин, Г. А. Николаев. — Москва : Высшая школа, 1991. — 398 с.
6. Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций : атлас / С. А. Куркин, В. М. Ховов, А. М. Рыбачук. — Москва : Машиностроение, 1989. — 327 с.
7. Козулин, М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин ; Тольяттинский государственный университет. — Тольятти : ТГУ, 2002. — 286 с. — ISBN 5-8259-0104-3.
8. РД 03-380-00. Инструкция по обследованию шаровых резервуаров и газгольдеров для хранения сжиженных газов под давлением : утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 20 сентября 2000 года № 51 : дата введения 2002-01-01 // Нормативные документы по техническому обследованию резервуаров для хранения взрывопожароопасных и агрессивных продуктов : сборник

документов / отв. сост.-разраб.: Е. А. Иванов [и др.]. – 2-е изд., испр. – Москва, 2009. – С. 4–76. – (Документы Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Серия 03: Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр ; вып. 4).

9. ВСН-006-89. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка : ведомственные строительные нормы : издание официальное / разработаны и внесены Всесоюзным научно-исследовательским институтом по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ). – Москва : Миннефтегазстрой, 1989. – 215 с.
10. РД-25.160.00-КТН-037-14. Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов : руководящий документ : взамен РД-25.160.00-КТН-011-10 : дата введения 2014-03-14 / разработан ООО «НИИ ТНН». – Москва : ОАО «АК “Транснефть”», 2014. – 188 с.

ССЫЛКИ НА ИСТОЧНИКИ РИСУНКОВ

Но-мер ри-сунка	Название рисунка	Источник цитирования
1.1	Виды ферм	Создание страницы «Шпренгель (ферма)» – Википедия (wikipedia.org)
1.2	Конструкции с применением ферм	Создание страницы «Шпренгель (ферма)» – Википедия (wikipedia.org)
1.3	Мачты	Создание страницы «Шпренгель (ферма)» – Википедия (wikipedia.org)
1.4	Балки	https://ru.freepik.com
1.5	Автоклавы	Автоклав – Википедия (wikipedia.org)
1.6	Печи вращающиеся	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Уч. пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002, 280 с.
2.1	Вращатели	metsol.ru
2.3	Сварочная колонна в работе	WWW.SWELDER.COM
2.4	Сварочные тележки	metsol.ru
2.5	Портальные сварочные установки	info@solveit74.ru
2.6	Кантователь двухстоечный с подъемными центрами	zazakaz@group17.rukaz@zakaz@group17.rugroup17.ru
2.7	Кантователь цепной	oboruduy.com
2.8	Кантователь книжный	masam-group.ru
2.9	Кантователь кольцевой	rusgidravlik.ru
2.10	Роликовые стенды	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002, 280 с.
2.11	Схема устройства для формирования корня шва на флюсовой подушке	Технология и оборудование сварки плавлением. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. М., «Машиностроение», 1977. 432 с. 32 с.

Но- мер ри- сунка	Название рисунка	Источник цитирования
2.12	Схема сварки на съемной подкладке	vikidalka.ru
2.13	Правило базирования деталей	de.donstu.ru>CDOCourses/structure/mto/m_i_s_p/
2.14	Схема закрепления (направления прижатия) деталей	de.donstu.ru>CDOCourses/structure/mto/m_i_s_p/
2.15	Принципиальная схема базирования приспособления для сборки	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002, 280 с.
2.16	Опорные штыри	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Уч. пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
2.17	Упоры	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
2.18	Конструкция призмы	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
2.19	Схемы призмы	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
2.20	Пальцы установочные	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
2.21	Зажимы	de.donstu.ru>CDOCourses/structure/mto/m_i_s_p/
2.22	Струбцина	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.

Но-мер рисунка	Название рисунка	Источник цитирования
2.23	Схема сборки листов резервуара	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
2.24	Расчетные схемы при сварке	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002, 280 с.
3.2	Резка на гильотинных ножницах	cb-online.ru>spravochniky-online/stampovka-...
3.3	Процесс резки на гильотинных ножницах	cb-online.ru>spravochniky-online/stampovka-...
3.4	Гибка цилиндрической обечайки	gnemmsk@mail.ru
3.5	Гибка конической обечайки	gnemmsk@mail.ru
3.6	Гибка деталей шарового резервуара	gnemmsk@mail.ru
3.7	Гибка фигурной емкости бензовоза	youtube.com>watch
3.8	Гибка на прессе	stanki@promet.ru
3.9	Схема гибки труб, прутков	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
4.1	Возможные деформации двутавровых балок	ekcii_po_proektirovaniyu_svarnyh_konstrukciy.doc
4.2	Исправление деформаций в металлоконструкциях	ekcii_po_proektirovaniyu_svarnyh_konstrukciy.doc
4.3	Схема стыковки двутавровых балок	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
4.4	Виды сварки арматуры ж/б изделий	«АльфаПром»

Но- мер ри- сунка	Название рисунка	Источник цитирования
4.5	Сваренные трубные доски	ru.made-in-china.com
4.6	Соединение труб с трубными досками	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлокон- струкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
5.1	Резервуар горизонталь- ный РГС	gidrositi.ru
5.2	Резервуар вертикальный РВС	metmash.pro
5.3	Полистовая сборка резервуара	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлокон- струкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002, 280 с.
5.4	Схема сборки листов резервуара	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлокон- струкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
5.5	Схема сворачивания рулона	Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлокон- струкций. Учебное пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2002. 280 с.
5.6	Схема разворачивания резервуара	zavodeo.ru
5.7	Сварка окраек	shoes-web.ru
5.8	Полиуретановый ре- зервуар вместо стали	neftgaz.ru
5.9	Сборка шаровых резервуаров	russian.alibaba.com
5.10	Изготовление блоков из лепестков и монтаж корпуса шарового резервуара	uralhimmash.ru
5.11	Манипулятор	ppt-online.org
6.1	Конструкция вагона	myrailway.ru
6.2	Кузов автомобиля	rally36.ru

Но- мер ри- сунка	Название рисунка	Источник цитирования
6.3	Корпус судна	en.topwar.ru
6.4	Постель для сборки	multiurok.ru
6.5	Корпус немецкой под- водной лодки	en.wikipedia.org
7.1	Коленчатый вал	iknigi.net
7.2	Наплавка гребного вала теплохода	metall-gipermarket.ru
7.3	Плазменное порошко- вое напыление	hannecard.ru
7.4	Заваренная трещина	Shtampik.com

ГЛОССАРИЙ

Балочные конструкции — основные элементы рамных конструкций, выполненные из листовых заготовок или профильного проката, используемые в мостовых кранах, вагонах, автомобилях.

Валы — это цилиндрическая деталь машины, выполненная из прочных сталей и предназначенная для передачи крутящего момента и восприятия действующих сил со стороны расположенных на нем деталей и опор.

Вспомогательные устройства — дополнительные механизмы для придания элементам нужной формы или установки, сборки и сварки деталей сварной конструкции.

Горизонтальные и вертикальные резервуары — это оболочковые конструкции, выполненные из листовой стали и предназначенные для хранения различных газов и жидкостей.

Кузов автомобиля — это часть транспортного средства, относится к корпусным изделиям, предназначена для размещения пассажиров и груза.

Кузов железнодорожного вагона — это корпусная транспортная конструкция, состоит из опорной рамы, пола, двух боковых стенок, тамбурных стен и крыши, соединенных сваркой.

Кузов судна — это сложное корпусное сооружение, состоящее из листовых и профильных элементов, выполненных из низкоуглеродистых, низколегированных сталей, алюминиевых и титановых сплавов, соединенных сваркой.

Преимущества и недостатки способов сварки — положительное и отрицательное влияние условий горения сварочной дуги на качество соединения металлических изделий.

Ремонт чугунных изделий — состоит в вырубке места дефекта и его заливке с использованием различных способов сварки, холодным (до 400 °С) или горячем (до 800 °С) подогреве.

Решетчатые конструкции — плоские или пространственные конструкции, выполненные из стандартных элементов типа арматуры, уголков, швеллеров и т. п., соединенных сваркой, и испытывающие при нагружении только растяжение или сжатие.

Свариваемость сталей — возможность соединения металлов с требуемой прочностью и качеством.

Сварка и ремонт деталей и алюминиевых сплавов — выполняется различными способами сварки путем разделки кромок свариваемых деталей или дефекта, удаления окисной пленки сплава и заплавления разделки проволокой расплавленной сварочной дугой.

Сварная конструкция — элементы изделия из металла, соединенные с помощью различных способов сварки.

Способы и устройства формирования корня шва — элементы удержания расплавленного металла от вытекания с нижней стороны свариваемого изделия.

Способы сварки — возможные способы соединения деталей из металла с помощью различных и возможных источников тепла.

Схема базирования — положение деталей или изделия в приспособлении, лишенное всех шести степеней свободного перемещения.

Технологичность конструкции — совокупность свойств, определяющих возможность ее изготовления с наименьшими затратами труда и материалов.

Трубные доски — изделия цилиндрической или прямоугольной формы, в которых закреплены пучки теплообменных труб.

Трубопроводы — бывают бесшовные или сварные, выполненные из обычных или специальных сталей, цветных металлов и их сплавов, предназначены для транспортировки газов, жидкостей и сыпучих материалов.

Установочные зажимные и прижимные элементы — детали или устройства, обеспечивающие фиксированное положение элементов конструкции при сборке и сварке.

Шаровые резервуары — представляют собой оболочковую конструкцию, собираемую из листовых заготовок пространственной кривизны и предназначенные для хранения сжатых газов.

Содержание

Введение	3
1. Классификация сварных конструкций	4
2. Механическое оборудование, приспособления и транспортирующие механизмы	19
3. Заготовительные операции и оборудование	43
4. Технология изготовления решетчатых и балочных конструкций	53
5. Технология изготовления оболочковых конструкций	61
6. Технология изготовления корпусных конструкций	79
7. Технология ремонта сваркой	85
8. Применение роботов в сварочном производстве	93
Заключение	95
Библиографический список	96
Ссылки на источники рисунков	98
Глоссарий	103

Учебное издание

Моторин Константин Васильевич

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

Редактор *О.В. Горбань*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

*При оформлении пособия использованы изображения
от fxquadro и freerik на Freerik (сайт ru.freerik.com)*

Подписано в печать 17.10.2025. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 6,16.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-68-22.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 44-91-47, www.tltsu.ru