

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
«ИРКУТСКИЙ ТЕХНИКУМ МАШИНОСТРОЕНИЯ
ИМ. Н.П. ТРАПЕЗНИКОВА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ПМ.01 Подготовительно-сварочные работы и
контроль качества сварных швов после сварки**

по профессии **15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной
сварки (наплавки))**

Квалификация:
Сварщик (ручной и частично
механизированной сварки (наплавки))

Иркутск, 2019

Методические указания по выполнению практических работ по профессиональному модулю ПМ.01. Подготовительно-сварочные работы и контроль качества сварных швов после сварки 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)) / Сост. Д.Г. Тутукин – Иркутск: ГБПОУ ИТМ, 2019. – 149 с.

Методические указания разработаны для обучающихся по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)) для оказания практической помощи при выполнении практических работ по.

РАССМОТРЕН

на заседании ЦК сварочного производства

и строительных профессий

Протокол № 9 от 6 мая 2019 г.

Содержание

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	5
ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	5
Практическое занятие № 1. Подбор сварного соединения и шва в зависимости от сечения основного металла.....	7
Практическое занятие № 2. Сварочный агрегат. Устройство и принцип действия.....	11
Практическое занятие №3. Сварочный трансформатора. Устройство и принцип действия.....	13
Практическое занятие №4. Сварочный выпрямитель. Устройство и принцип действия.....	16
Практическое занятие №5. Инверторный источник питания. Устройство и принцип действия.	23
Практическое занятие №6. Диаграмма железо-углерод	25
Практическое занятие №7. Фазы железоуглеродистых сплавов	27
Практическое занятие №8. Структуры железоуглеродистых сплавов.....	32
Практическое занятие №9. Свариваемость сталей.....	38
Практическое занятие №10. Чтение сборочных чертежей.....	45
Практическое занятие № 11. Чтение сборочно-сварочных чертежей.....	54
Практическое занятие № 12. Подбор типа и марки электродов	59
Практическое занятие № 13. Расчёт расхода сварочных материалов	87
Практическое занятие № 15. Лазерная сварка	94
Практическое занятие № 16. Сварка взрывом	97
Практическое занятие № 17. Термитная сварка	101
Практическое занятие № 18. Тема: Изучение типовых операций заготовительного производства.....	104
Практическое занятие № 19. Особенности слесарных операций перед сборкой и сваркой цветных металлов и чугунов	106
Практическое занятие № 20. Изучение нормативно-технической документации на сварочные технологические процессы	110
Практическое занятие № 21. Изучение технологической последовательности сборки-сварки двутавровых и коробчатых балок	112
Практическое занятие № 22. Изучение технологической последовательности сборки-сварки рамных конструкций	116
Практическое занятие № 23. Изучение технологической последовательности сборки-сварки емкостей, резервуаров и сварных сосудов.....	117
Практическое занятие № 24. Изучение технологической последовательности сборки-сварки решётчатых конструкций.....	126

Практическое занятие № 25. Изучение порядка сварки и наложения слоёв шва при сварке труб различного диаметров в различных пространственных положениях	127
Лабораторная работа № 1. Визуально-измерительный контроль сварных соединений и швов	129
Лабораторная работа № 2. Ультразвуковой метод контроля	134
Лабораторная работа № 3. Магнитный метод контроля.....	137
Лабораторная работа № 4. Капиллярная дефектоскопия	141
Лабораторная работа № 5. Контроль качества сварных соединений керосином.....	144

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящих методических рекомендациях представлены методические материалы к выполнению практических и лабораторных работ по ПМ.01 Подготовительно-сварочные работы и контроль качества сварных швов после сварки, предназначенные для студентов, обучающихся по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Выполнение практических и лабораторных работ каждым обучающимся является обязательным и предусмотрено федеральным государственным образовательным стандартом 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Цель проведения практических и лабораторных работ – отработка обучающимися первичных навыков и формирование у них конечных навыков, закрепление теоретических знаний на практике, научиться на основании выполненной работы делать значимые для профессиональной деятельности выводы и обобщениями др.

Предлагаемые работы предназначены для развития навыков самообучения, самоанализа и оценки качества проделанной работы посредством выполнения практической работы и ответов на дополнительные контрольные вопросы.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия проводятся в кабинете № 105.

Перед проведением практических занятий проверяют исправность технического оборудования, подбирают и комплектуют необходимые для занятия оборудование и приспособления.

Подготовка к проведению практических занятий включает подготовку преподавателя, обучающихся и помещения. Подготовка преподавателя состоит в определении форм и методов проведения практических занятий, подборе заданий для обучающихся, разработке инструкций для выполнения заданий и отчетов о результатах занятий.

Подготовка обучающихся заключается в повторении теоретического материала по теме занятия, выполнении практических заданий по предложенным темам, составлению плана работ и т. д.

Занятие ведется обучающимися индивидуально или в группе. Для каждого обучающегося предусмотрено рабочее место: учебные столы, стулья. Обучающиеся, получив инструкции по выполнению, выполняют задание самостоятельно. Каждый из них выполняет задание, которые являются обязательными для выполнения.

Преподаватель контролирует ход занятия, обращает внимание на правильность выполнения отдельных заданий, операций, соблюдения правил техники безопасности.

Наименование практического занятия	Кол-во часов
Практическое занятие № 1. Подбор сварного соединения и шва в зависимости от сечения основного металла.	2
Практическое занятие № 2. Сварочный агрегат. Устройство и принцип действия.	1
Практическое занятие № 3. Сварочный трансформатора. Устройство и принцип действия.	1
Практическое занятие № 4. Сварочный выпрямитель. Устройство и принцип действия.	2
Практическое занятие № 5. Инверторный источник питания. Устройство и принцип действия.	4
Практическое занятие № 6. Диаграмма железо-углерод	2
Практическое занятие № 7. Фазы железоуглеродистых сплавов	2
Практическое занятие № 8. Структуры железоуглеродистых сплавов	2
Практическое занятие № 9. Свариваемость сталей	2
Практическое занятие №10. Чтение сборочных чертежей.	4
Практическое занятие №11. Чтение сборочно-сварочных чертежей.	2
Практическое занятие № 12. Подбор типа и марки электродов.	2
Практическое занятие № 13. Расчёт расхода сварочных материалов.	2
Практическое занятие № 14. Электроннолучевая сварка.	2
Практическое занятие № 15. Лазерная сварка.	2
Практическое занятие № 16. Сварка взрывом	2
Практическое занятие № 17. Термитная сварка	2
Практическое занятие № 19. Изучение типовых операций заготовительного производства.	1
Практическое занятие № 20. Особенности слесарных операций перед сборкой и сваркой цветных металлов и чугунов.	1
Практическое занятие № 21. Изучение нормативно-технической документации на сварочные технологические процессы.	1
Практическое занятие № 22. Изучение технологической последовательности сборки-сварки двутавровых и коробчатых балок.	1
Практическое занятие № 23. Изучение технологической последовательности сборки-сварки рамных конструкций.	1
Практическое занятие № 24. Изучение технологической последовательности сборки-сварки емкостей, резервуаров и сварных сосудов.	1
Практическое занятие № 25. Изучение технологической последовательности сборки-сварки решётчатых конструкций.	2
Лабораторная работа № 1. Визуально-измерительный контроль сварных соединений и швов.	2
Лабораторная работа № 2. Ультразвуковой метод контроля.	4
Лабораторная работа № 3. Магнитный метод контроля.	2
Лабораторная работа № 4. Капиллярная дефектоскопия.	4
Лабораторная работа № 5. Контроль качества сварных соединений керосином	4

Практическое занятие № 1. Подбор сварного соединения и шва в зависимости от сечения основного металла

Цель работы: Закрепление практических навыков подбора сварного соединения в зависимости от толщины основного металла.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить номер сварного шва (ГОСТ5264-80) по предоставленному образцу.

Подобрать сварной шов исходя из заданного сечения основного металла и вида сварного соединения.

Теоретический материал:

Сварные соединения и швы классифицируются по нескольким признакам

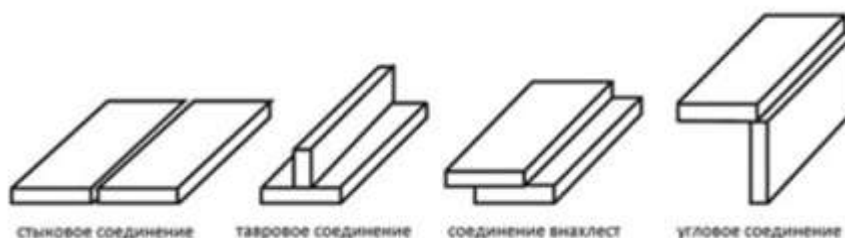


Рис.1 Виды сварных соединений

Существует ряд типов сварных швов в зависимости от **вида соединения**:

- шов стыкового соединения
- шов таврового соединения
- шов нахлесточного соединения
- шов углового соединения

Стыковое соединение

Стыковое соединение представляет собой соединение двух листов или труб их торцевыми поверхностями. Данное соединение является самым распространенным, благодаря меньшему расходу металла и времени на сварку.

Стыковое соединение может быть, в зависимости от расположения шва:

- Односторонним
- Двусторонним

По подготовке соединения под сварку, в зависимости от толщины свариваемых изделий:

- Без скоса кромок
- Со скосом кромок

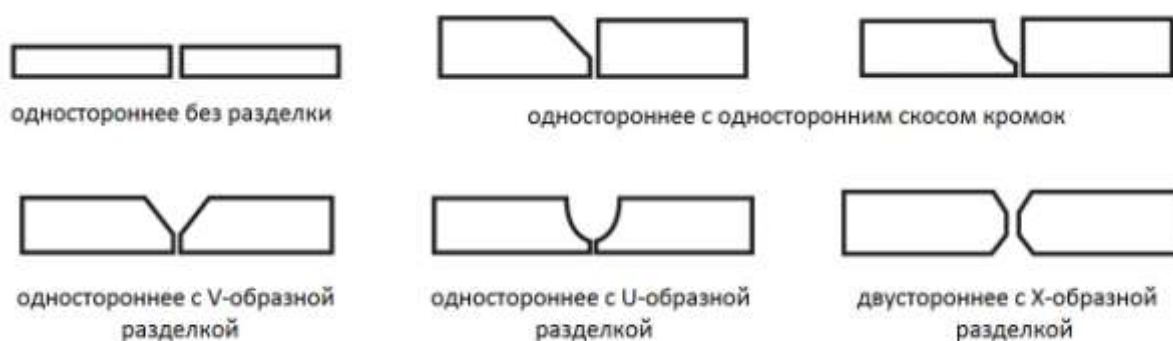


Рис.2 Виды разделки кромок.

Одностороннее соединение без скоса кромок предполагает сварку листов толщиной до 4 мм (исключение - процесс LaserHybridWeld). Двустороннее соединение без скоса кромок рекомендуется выполнять при сварке толщин до 8 мм. В обоих случаях для обеспечения качественного провара, необходимо делать небольшой зазор при соединении листов под сварку, около 1- 2 мм.

Скос кромок при одностороннем сварном соединении рекомендуется делать при толщинах от 4 до 25 мм. Наиболее популярным является соединение со скосом кромок V-образного типа. Менее популярными, но также применяются односторонние скосы кромок и скосы U-образного типа. Для предотвращения возможностей прожогов во всех случаях делается небольшое притупление кромок.

При толщинах от 12 мм и более при двусторонней сварке рекомендуется делать X-образную разделку, которая имеет ряд преимуществ перед V-образной разделкой. Эти преимущества заключаются в уменьшении объема требуемого металла для заполнения разделки (почти в 2 раза), и соответственно увеличении скорости сварки и экономии сварочных материалов.

Тавровое соединение

Тавровое соединение представляет собой два листа, когда между ними образуется соединение в виде буквы «Т». Как и в случае со стыковыми соединениями, в зависимости от толщины металла выполняется сварка с одной или с обеих сторон, с разделкой или без. Основные типы таврового сварного соединения представлены на рисунке.

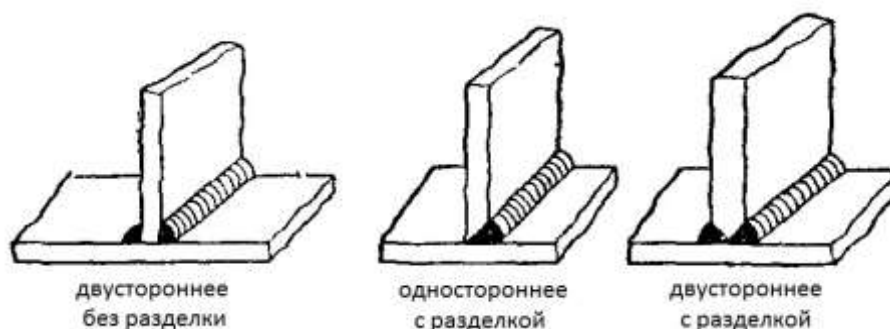


Рис.3 Виды таврового соединения

Некоторые советы по сварке таврового соединения:

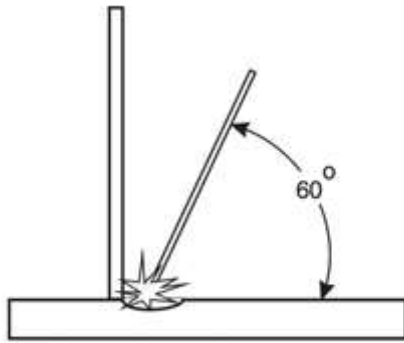


Рис.4 Сварка тонкого с более толстым металлом.

1. При сварке таврового соединения тонкого металла с более толстым, необходимо, чтобы угол наклона электрода или сварочной горелки был около 60° к более толстому металлу. Как это показано ниже:

2. Сварку таврового соединения (и углового в такой же степени) можно значительно упростить, расположив его для сварки «в лодочку». Это позволяет проводить сварку преимущественно в нижнем положении, увеличивая скорость сварки и уменьшая вероятность появления подрезов, которые являются очень частым дефектом таврового сварного соединения, наряду с непроваром. В некоторых случаях одного прохода будет недостаточно, поэтому для заполняющих швов требуется осуществлять колебания горелки.

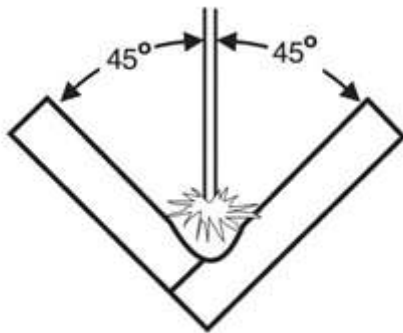


Рис.5 Соединение "в лодочку"

Сварка "в лодочку" используется также при автоматической и роботизированной сварке, где изделие кантуется при помощи специального кантователя в нужное для сварки положение.

3. В настоящее время существуют специальные сварочные процессы для увеличенного проплавления. Применяя их, можно добиться односторонней сварки достаточно толстого металла с гарантированным проваром и формированием обратного валика с другой стороны.

Соединение внахлестку

Данный тип соединения рекомендуется применять при сварке листов толщиной до 10 мм, причем сваривать листы требуется с обеих сторон. Делается это из-за того, чтобы не было возможности попадания влаги между ними. Так как сварочных швов при этом соединении два, то соответственно увеличивается и время на сварку и расходуемые сварочные материалы.

Угловое соединение

Угловым сварочным соединением называют тип соединения двух металлических листов, расположенных друг к другу под прямым или другим углом. Данные соединения также могут быть со скосом кромок или без, в зависимости от толщин. Иногда угловое соединение проваривается и изнутри.

Классификация по другим признакам

Сварные соединения и швы также классифицируют по другим признакам.

Типы соединений по степени выпуклости:

- нормальные
- выпуклые
- вогнутые

Выпуклость шва зависит как от применяемых сварочных материалов, так и режимов сварки. Например, при длинной дуге шов получается пологим и широким, и, наоборот, при сварке на короткой дуге шов получается более узким и выпуклым. Так же на степень выпуклости влияет скорость сварки и ширина разделки кромок.

Типы соединений по положению в пространстве:

- нижнее
- горизонтальное
- вертикальное
- потолочное

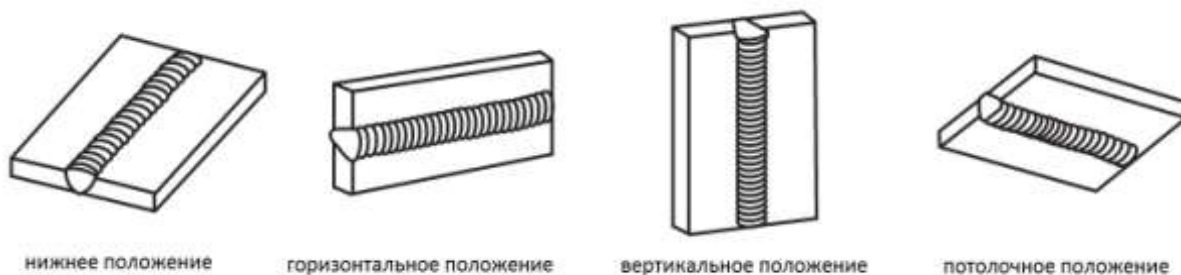


Рис.6 Типы соединений по положению в пространстве.

Наиболее оптимальным для сварки является нижнее положение шва. Поэтому при проектировании изделия и составлении технологии сварочного процесса следует это учитывать. Сварка в нижнем положении способствует высокой производительности, является наиболее простым процессом с получением качественного сварного шва.

Горизонтальное и вертикальное положение сварного соединения требует от сварщика повышенной квалификации, а потолочное является наиболее трудоемким и не безопасным.

Типы сварных соединений по степени протяженности:

- сплошные (непрерывные)
- прерывистые

Прерывистые сварные швы применяются в соединениях, где не требуется герметичности.

Практическое занятие № 2. Сварочный агрегат. Устройство и принцип действия

Цель работы: изучить устройство сварочного агрегата и принципа его работы.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного агрегата.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

Сварочный агрегат – это автономная установка, используемая для сварки и резки электродуговой. Принцип его работы основан на трансформации механической энергии в электрическую: с помощью основного генератора крутящий момент двигателя преобразуется в ток для сварки.

Сварочный агрегат имеет все необходимые элементы для работы в полевых условиях: без доступа к электросети, а также под воздействием различных климатических факторов. Установка применяется при строительстве трубопроводов, при прокладке дорог, при освоении новых месторождений, при проведении ремонтных работ в коммунальном хозяйстве и др.

Элементы сварочного агрегата.

Генератор

Ток для сварочных работ формируется за счет взаимодействия магнитных потоков во вращающемся якоре генератора и в статоре. Магнитное поле вращающегося якоря создает в статоре трехфазные токи со сдвигом фаз. Частота токов определяется количеством пар полюсов статора и скоростью вращения якоря. От статора ток поступает в выпрямительное устройство, а затем – к электродам, с помощью которых производится резка металлопроката и другие работы. Управление осуществляется со встроенной панели управления или с пульта.

Двигатель

. Данный элемент обеспечивает вращение якоря генератора. Движущей силой является давление, которое оказывает на поршень расширяющийся газ, выделяемый в результате сгорания топлива. Сварочные агрегаты могут оснащаться дизельным или бензиновым двигателем. Техника первого вида расходует меньше топлива и отличается большим ресурсом. Сварочный автомат с бензиновым двигателем имеет более компактный корпус, меньшую массу, а также отличается мобильностью и низким уровнем шума.

Корпус

Предназначен для обеспечения целостности и жесткости конструкции, а также для защиты от воздействий внешних факторов (дождя, снега и др.). Рама производится из листового металла и углового профиля или другого металлопроката. В нижней части находятся технологические отверстия для стыковки с шасси.

Дополнительные элементы

Дополнительно в сварочном агрегате может размещаться блок снижения напряжения холостого хода, блок сушки электродов, система регулирования сварочного тока и его характеристик, блок для воздушно-плазменной резки (ВПР), дополнительный генератор для подключения освещения, электроинструмента и др.

Сварочные преобразователи и агрегаты различаются, в первую очередь, тем, что они имеют различные типы привода для генератора постоянного тока. Сварочные преобразователи, как правило, оснащаются асинхронными трёхфазными двигателями в однокорпусном исполнении. Сварочные преобразователи либо имеют колеса для перемещения по цеху.

Сварочные агрегаты предназначены для работы в полевых условиях, а также в некоторых других случаях (например, при сильном колебании напряжения в электрической сети). Генератор и двигатель внутреннего сгорания (бензиновый или дизельный) устанавливаются на общей раме без колес, на колесах или на катках. Иногда агрегаты монтируются в кузове автомашины или на тракторе.



Рис. 7 Сварочный преобразователь.

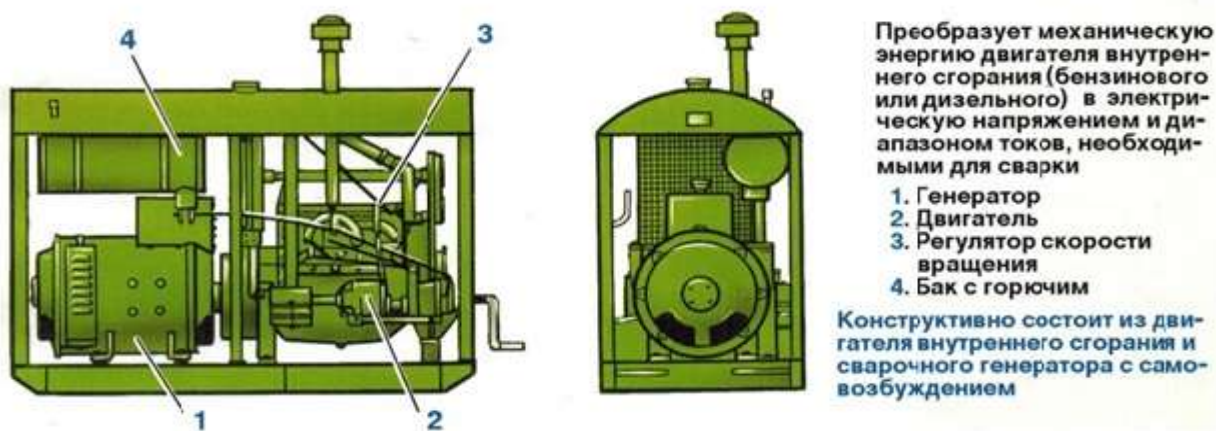


Рис. 8 Сварочный агрегат.

Практическое занятие №3. Сварочный трансформатор. Устройство и принцип действия

Цель работы: изучить устройство сварочного трансформатора и принципа его работы.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного трансформатора.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

Сварочный трансформатор – это аппарат, преобразующий переменное напряжение сети в переменное напряжение для сварки (как правило, понижает переменное напряжение до значения менее 141 В). Устройство однопостового сварочного трансформатора с подвижными обмотками приведено на рисунке ниже.



Рис.9 Устройство сварочного трансформатора.

Регулирование силы тока в таком сварочном трансформаторе осуществляется с помощью подвижной обмотки.

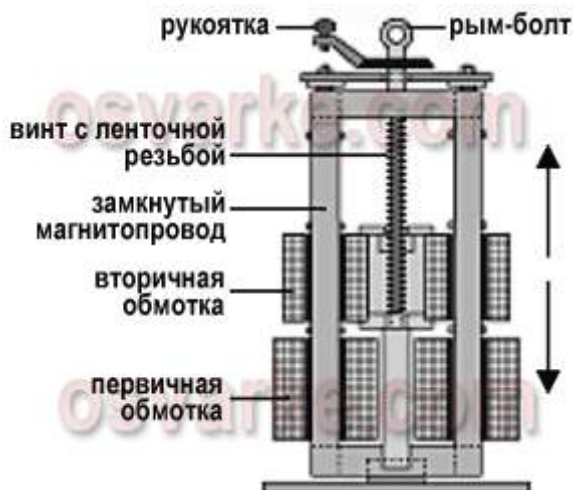


Рис.10 Схема регулирования тока в сварочном трансформаторе с

подвижными обмотками.

Серийно производят сварочные трансформаторы для ручной дуговой сварки и сварочные трансформаторы для автоматической сварки под флюсом.

Виды сварочных трансформаторов

сварочные трансформаторы амплитудного регулирования с нормальным магнитным рассеянием – с дросселем с воздушным зазором или с дросселем насыщения;

сварочные трансформаторы амплитудного регулирования с увеличенным магнитным рассеянием – с подвижными или разнесенными обмотками, с реактивной обмоткой, с подвижным магнитным или подмагничиваемым шунтом, с конденсатором или с импульсным стабилизатором;

тиристорные сварочные трансформаторы (фазового регулирования) – с импульсной стабилизацией или с подпиткой.

Сварочные трансформаторы амплитудного регулирования

В сварочном трансформаторе амплитудного регулирования режим сварки настраивается изменением сопротивления трансформатора или изменением напряжения холостого хода без искажения синусоидальной формы переменного тока.

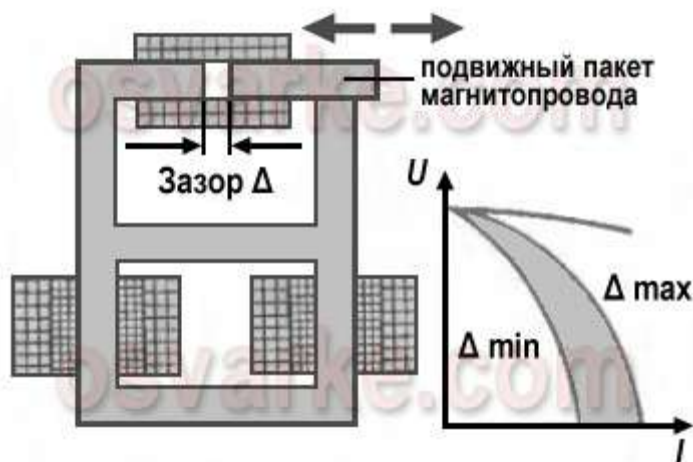


Рис.11 Трансформатор с нормальным рассеянием и отдельной реактивной катушкой (дросселем)

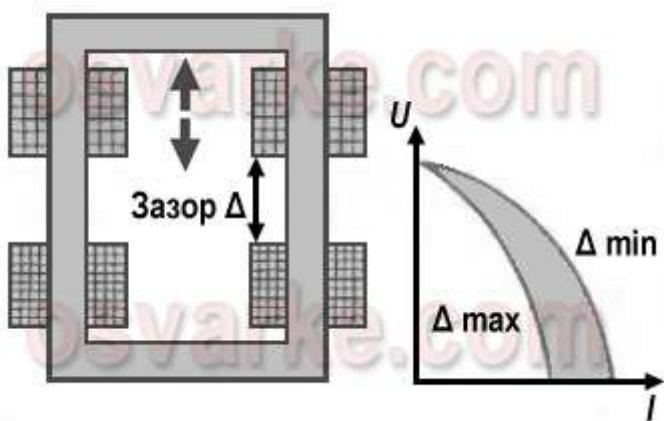


Рис.12 Трансформатор с увеличенным рассеянием и подвижными катушками.

Тиристорные сварочные трансформаторы

Тиристорный сварочный трансформатор состоит из силового трансформатора и тиристорного фазорегулятора, размещенного в первичной или вторичной цепи с двумя встречно-параллельно соединенными тиристорами и системой управления. Принцип фазового регулирования заключается в преобразовании тока синусоидальной формы в знакопеременные импульсы, длительность и амплитуда которых определяются фазой (углом) включения тиристоров фазорегулятора.

При фазовом регулировании возникают бестоковые паузы, что приводит к снижению устойчивости горения дуги. Для повышения устойчивости горения дуги используются импульсная стабилизация или ток подпитки, например, от вспомогательного трансформатора.

Внешняя падающая характеристика формируется за счет трансформатора с увеличенным магнитным рассеянием или при помощи отрицательных обратных связей по току. Чем больше угол включения тиристоров, тем меньше сила тока и круче наклон падающих внешних характеристик.

Преимущества сварочных трансформаторов

дешевизна изготовления (сварочный трансформатор примерно в 2–4 раза дешевле сварочного выпрямителя и в 6–10 раз дешевле сварочного агрегата аналогичной мощности);

высокий КПД (обычно 70–90%);

сравнительно низкий расход электроэнергии;

простота эксплуатации и ремонта.

Недостатки сварочных трансформаторов

для качественной сварки обычно требуются специальные электроды для переменного тока, обладающие повышенными стабилизирующими свойствами;

низкая стабильность горения дуги (при отсутствии встроенного стабилизатора горения дуги);

в простых трансформаторах – зависимость от колебаний сетевого напряжения.

Практическое занятие №4. Сварочный выпрямитель. Устройство и принцип действия.

Цель работы: изучить устройство сварочного выпрямителя и принципа его работы.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного выпрямителя.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

Сварочный выпрямитель – это аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки.

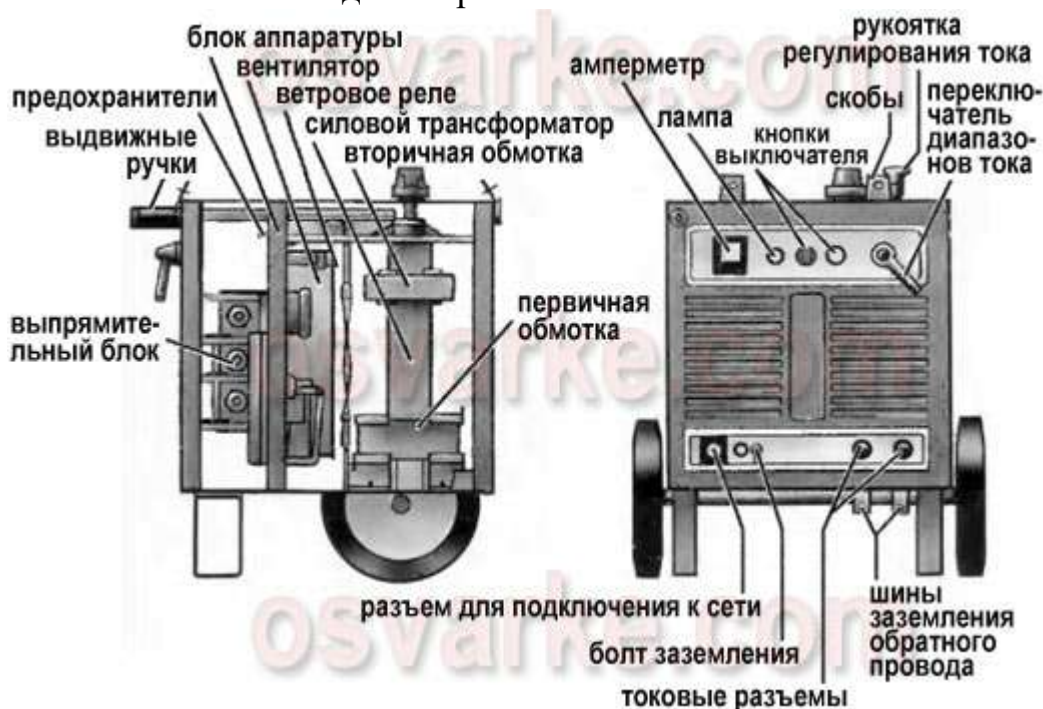


Рис.13 Устройство сварочного выпрямителя
(с трансформатором с подвижными обмотками)

Сварочный выпрямитель для дуговой сварки, как правило, состоит из силового трансформатора, выпрямительного блока, пускорегулирующей, измерительной и защитной аппаратуры.



Рис.14 Типовая функциональная блок-схема выпрямителя для сварки плавящимся электродом

Силовой трансформатор преобразует энергию силовой сети в энергию, необходимую для сварки, а также согласует значения напряжений сети с вы-

ходным напряжением. В однопостовых выпрямителях используют преимущественно трехфазные трансформаторы, поскольку однофазные одно- и двухполупериодные схемы выпрямления приводят к существенным пульсациям выходного напряжения, которые ухудшают качество сварных соединений.

Регуляторы тока (или регуляторы напряжения) используются для формирования жесткой или падающей внешней характеристики. Они позволяют установить режим сварки и соответствующее значение сварочного тока.

Выпрямительный блок в основном собирают по трехфазной мостовой схеме, реже – по однофазной мостовой двухполупериодного выпрямления. При трехфазной мостовой схеме обеспечивается более равномерная загрузка трехфазной силовой сети и достигаются высокие технико-экономические показатели. В качестве полупроводников применяются селеновые или кремниевые вентили.

Виды сварочных выпрямителей

В зависимости от конструкции силовой части сварочные выпрямители подразделяют на следующие виды:

- регулируемые трансформатором;
- с дросселем насыщения;
- тиристорные;
- с транзисторным регулятором;
- инверторные.

Сварочные выпрямители также классифицируют по типу формируемых вольт-амперных характеристик.

При **механизированной сварке** под флюсом или в защитном газе в сварочных аппаратах с саморегулированием дуги используют однопостовые выпрямители с жесткими внешними характеристиками. Обычно в таких выпрямителях применяется трансформатор с нормальным магнитным рассеянием. Возможные способы регулирования сварочного напряжения:

- витковое регулирование – в сварочном выпрямителе с трансформатором с секционированными обмотками;
- магнитное регулирование – в выпрямителе с трансформатором с магнитной коммутацией или дросселем насыщения;
- фазовое регулирование – в тиристорном выпрямителе;
- импульсное регулирование – широтное, частотное и амплитудное регулирование в выпрямителе с транзисторным регулятором и инверторном выпрямителе.

Наиболее известные выпрямители с жесткими (естественно падающими) внешними характеристиками для механизированной дуговой сварки:

серий ВС (ВС-200, ВС-300, ВС-400, ВС-500, ВС-600, ВС-632), ВДГ (ВДГ-301, ВДГ-302, ВДГ-303, ВДГ-603) и ВСЖ (ВСЖ-303);

а также сварочные выпрямители ВС-1000 и ВС-1000-2 для механизированной сварки в аргоне, гелии, углекислом газе, под флюсом.

При **ручной дуговой сварке** применяют выпрямители с падающими внешними характеристиками. В конструкциях российских аппаратов используют следующие способы формирования характеристик:

повышение сопротивления трансформатора – в сварочном выпрямителе с трансформатором с подвижными обмотками, с магнитным шунтом либо с разнесенными обмотками;

применение обратной связи по току – в тиристорном, транзисторном или инверторном выпрямителях.

Наиболее распространенные выпрямители для ручной дуговой сварки: серии ВД (ВД-101, ВД-102, ВД-201, ВД-301, ВД-302, ВД-303, ВД-306, ВД-401), типов ВСС-120-4, ВСС-300-3, а также аппараты ВД-502 и ВКС-500, предназначенные для автоматической сварки под флюсом.

Весьма популярны и универсальные сварочные выпрямители, формирующие как падающие, так и жесткие характеристики. Наиболее известные типы:

серии ВСК (ВСК-150, ВСК-300, ВСК-500) для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, полуавтоматической и автоматической сварки в защитных газах;

серий ВСУ (ВСУ-300, ВСУ-500) и ВДУ (ВДУ-504, ВДУ-305, ВДУ-1201, ВДУ-1601) для ручной сварки покрытыми электродами, механизированной сварки плавящейся электродной проволокой под флюсом, в защитных газах, порошковой проволокой.

Сварочные выпрямители с крутопадающими характеристиками и регулируемые трансформатором

Силовая часть выпрямителя состоит из трансформатора и выпрямительного блока с силовыми диодами.

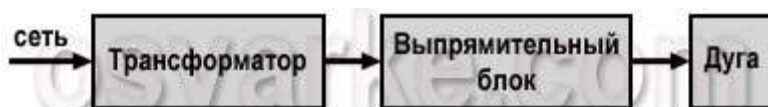


Рис15. Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя с крутопадающими характеристиками, регулируемого трансформатором

В таких выпрямителях обычно используются трехфазные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием – с подвижными обмотками или магнитными шунтами.



Рис.16 Трехфазные трансформаторы с подвижными обмотками и магнитными шунтами

Режимы сварки регулируются комбинированно: ступенчато за счет переключения обмоток трансформатора со «звезды» на «треугольник» и плавно, например, в результате изменения зазора между обмотками трансформатора.

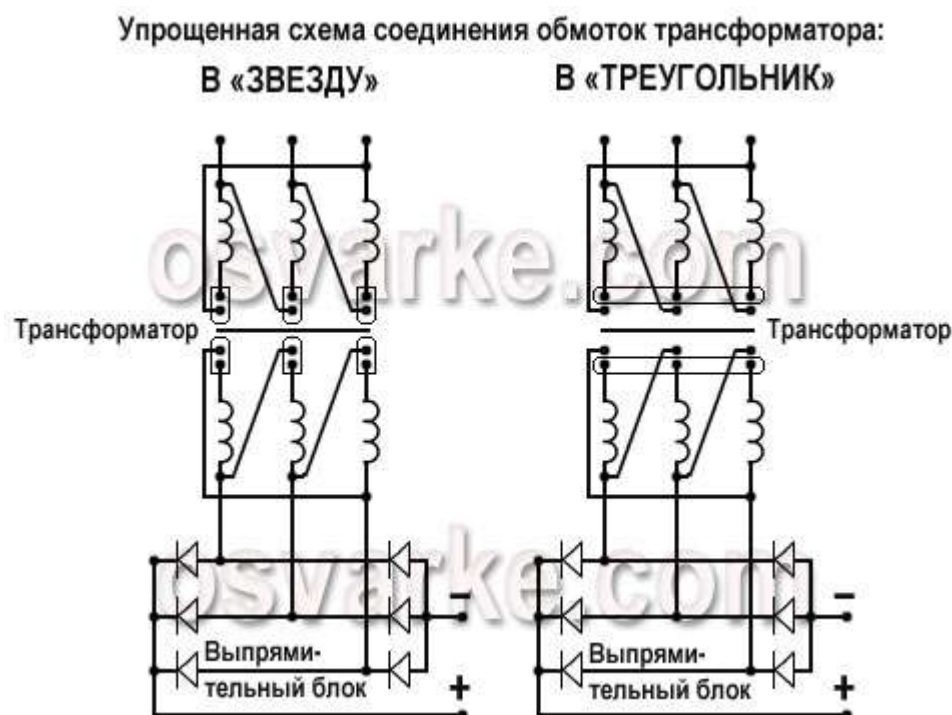


Рис.17 Упрощенные схемы соединения обмоток трансформатора в сварочном выпрямителе – в «звезду» и в «треугольник»

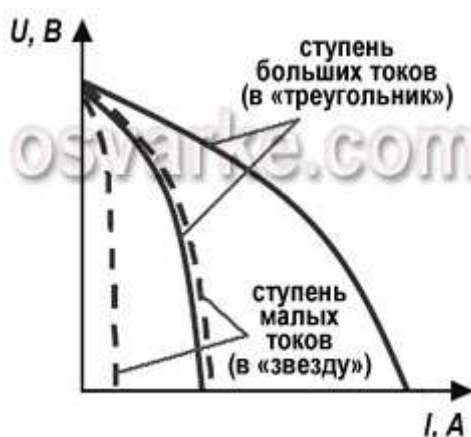


Рис.18 Вольт-амперные характеристики сварочных выпрямителей типа ВД

Сварочные выпрямители с жесткими характеристиками и регулируемые трансформатором

Силовая часть выпрямителя состоит из трансформатора, выпрямительного блока и сглаживающего дросселя.



Рис.19 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя типа ВС

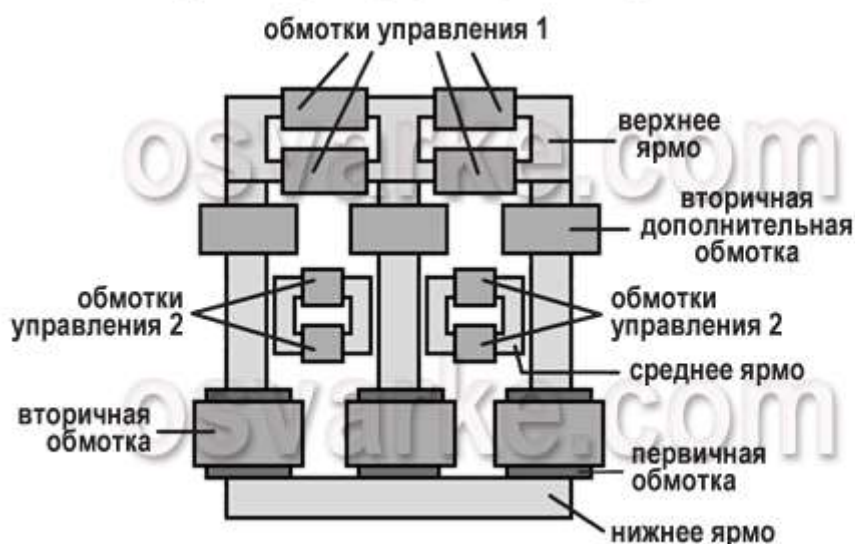
За счет дросселя снижается скорость увеличения сварочного тока и его пиковое значение при возбуждении дуги, а также уменьшается разбрызгивание расплавленного металла при сварке плавящимся электродом (проволокой).

В сварочных выпрямителях типа ВС используется ступенчатое регулирование напряжения – переключением числа витков обмоток.

В выпрямителях типа ВСЖ (ВСЖ-303) применяется плавно-ступенчатое регулирование. Плавное регулирование режима сварки осуществляется с помощью трансформатора с магнитной коммутацией (см. рисунок ниже).



Схема конструкции трансформатора в выпрямителе типа ВСЖ-303



Сварочные выпрямители с дросселем насыщения

Дроссель насыщения применяется в конструкциях выпрямителей, формирующих как падающие, так и жесткие характеристики.

Типичным представителем выпрямителей с дросселем насыщения и крутопадающими внешними характеристиками является сварочный выпрямитель ВД-502.



Рис.21 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя ВД-502

В нем используются силовой трехфазный трансформатор с нормальным магнитным рассеянием, несимметричный дроссель насыщения, выполненный на трех отдельных сердечниках с одной обмоткой управления, и выпрямительный блок с трехфазной мостовой схемой. Режим работы выпрямителя настраивается за счет изменения индуктивности дросселя насыщения.

Типичный представитель выпрямителей с дросселем насыщения и жесткими внешними характеристиками – сварочный выпрямитель ВДГ-302.



Рис.22 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя ВДГ-302

В нем используется плавно-ступенчатое регулирование вольт-амперных характеристик. Ступенчатое регулирование осуществляется за счет изменения коэффициента трансформации силового трехфазного трансформатора с нормальным магнитным рассеянием. С помощью пакетно-кулачкового переключателя первичные обмотки трансформатора устанавливаются на три рабочих положения.



Рис.23 Регулирование вольт-амперных характеристик в сварочном выпрямителе ВДГ-302

Плавное регулирование в пределах каждой ступени выполняется трехфазным симметричным дросселем насыщения, выполненным на шести попарно объединенных ленточных сердечниках. Первая ступень регулирования напряжения соответствует соединению фаз первичной обмотки «треугольником» с применением отводов, вторая ступень регулирования – соединению фаз обмоток «треугольником» без отводов, третья ступень регулирования – соединению фаз обмоток с применением отводов «звездой».

Выпрямительный блок имеет трехфазную мостовую схему с неуправляемыми вентилями.

Обмотка управления дросселя насыщения питается через стабилизатор и выпрямительный блок 1. Обмотка смещения дросселя насыщения питается от вторичных обмоток трансформатора через выпрямительный блок 2.

Практическое занятие №5. Инверторный источник питания. Устройство и принцип действия.

Цель работы: изучить устройство инверторного источника питания и принципа его действия.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного выпрямителя.

Описать области его применения.

Провести сравнительный анализ источников питания сварочной дуги.

Теоретический материал:

Инверторный сварочный аппарат – это аппарат с инверторным источником питания, преобразующим переменное напряжение сети в напряжение и ток для сварки. Основными компонентами инверторного источника питания обычно являются:

сетевой выпрямитель, преобразующий входное переменное напряжение в постоянное;

инвертор, преобразующий далее постоянное входное напряжение в переменное высокой частоты;

высокочастотный трансформатор, понижающий напряжение, преобразованное инвертором;

выходной высокочастотный выпрямитель;

сглаживающий дроссель.

Функциональная схема источника питания инверторного сварочного аппарата приведена на рисунке ниже.

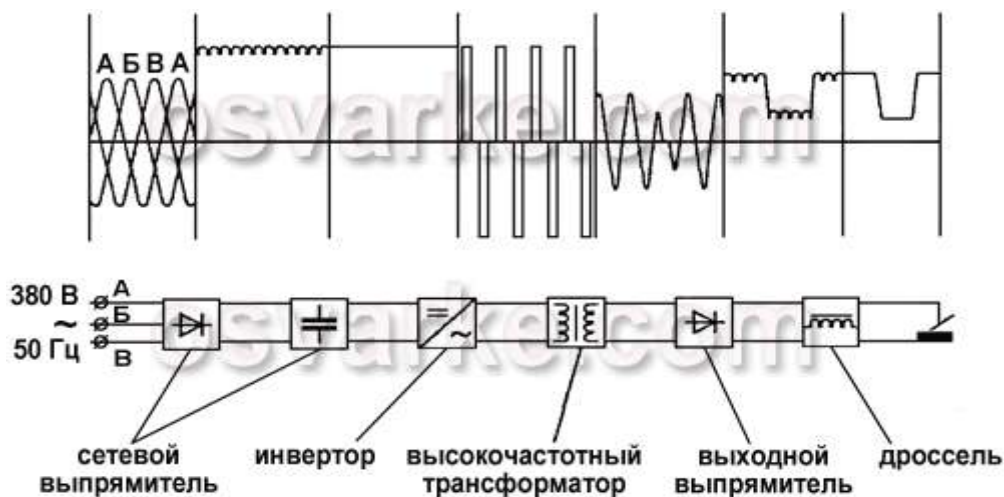


Рис24. Функциональная схема источника питания инверторного сварочного аппарата для трехфазного входного напряжения 380 В промышленной частоты



Рис.25 Вольтамперная характеристика источника питания

Технологические преимущества инверторных сварочных аппаратов:

минимальное разбрызгивание;

сварка короткой дугой;

сварка плохо свариваемых сталей;

минимальный перегрев свариваемого изделия;

высокие КПД и быстродействие;

меньшие габариты по сравнению со сварочными трансформаторами; для получения качественных швов не требуется высокой квалификации сварщика.

Инверторные сварочные аппараты также называют сварочными инверторами.

Практическое занятие №6. Диаграмма железо-углерод

Цель работы: изучить диаграмму железо-углерод

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать зависимость состояния сплава железо-углерод в зависимости от температуры и качественного состава смеси.

Теоретический материал:

Диаграмма состояния железо-углерод (цементит) - это графическое отображение фазового состава и структуры сплавов в зависимости от концентрации углерода и температуры КОМПОНЕНТЫ В СИСТЕМЕ "ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД"

Компонентами железоуглеродистых сплавов являются железо, углерод и цементит:

ЖЕЛЕЗО

Железо – d-переходный металл серебристо-светлого цвета. Температура плавления – 1539°C . Удельный вес равен $7,86\text{ г/см}^3$. Наиболее существенной особенностью железа является его полиморфизм. В твердом состоянии железо может находиться в двух модификациях - α и γ . Полиморфные превращения происходят при температурах 911°C и 1392°C . При температуре ниже 911°C и выше 1392°C существует $\text{Fe}\alpha$ (или $\alpha\text{-Fe}$) с объемно-центрированной кубической решеткой. В интервале температур $911\ldots1392^{\circ}\text{C}$ устойчивым является $\text{Fe}\gamma$ (или $\gamma\text{-Fe}$) с гранецентрированной кубической решеткой. При превращении $\alpha\rightarrow\gamma$ наблюдается уменьшение объема, так как решетка $\gamma\text{-Fe}$ имеет более плотную упаковку атомов, чем решетка $\alpha\text{-Fe}$. При охлаждении во время превращения $\gamma\rightarrow\alpha$ наблюдается увеличение объема. В интервале температур $1392\ldots1539^{\circ}\text{C}$ высокотемпературное $\text{Fe}\alpha$ называют $\text{Fe}\delta$. Высокотемпературная модификация $\text{Fe}\alpha$ не представляет собой новой аллотропической формы.

При температуре ниже 768°C железо ферромагнитно, а выше – парамагнитно. Точку 768°C , соответствующую магнитному превращению, т.е. переходу из ферромагнитного состояния в парамагнитное называют точкой Кюри. Модификация $\text{Fe}\gamma$ парамагнитна.

Железо технической чистоты обладает невысокой твердостью (80 НВ) и прочностью (временное сопротивление – $\sigma_{\text{в}}=250\text{ МПа}$, предел текучести – $\sigma_{\text{т}}=120\text{ МПа}$) и высокими характеристиками пластичности (относительное удлинение – $\delta=50\%$, а относительное сужение – $\psi=80\%$). Свойства могут изменяться в некоторых пределах в зависимости от величины зерна. Железо характеризуется высоким модулем упругости, наличие которого проявляется и в сплавах на его основе, обеспечивая высокую жесткость деталей из этих сплавов.

Железо со многими элементами образует растворы: с металлами – растворы замещения, с углеродом, азотом и водородом – растворы внедрения.

УГЛЕРОД

Углерод относится к неметаллам. Обладает полиморфным превращением, в зависимости от условий образования существует в форме графита с гексагональной кристаллической решеткой (температура плавления – 3500° С, плотность – 2,5 г/см³) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой с координационным числом равным четырем (температура плавления – 5000° С).

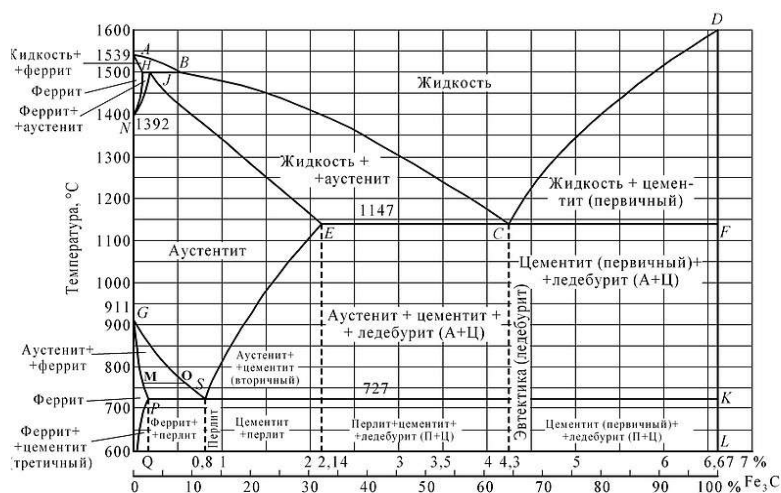
В сплавах железа с углеродом углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита (Fe₃C), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

ЦЕМЕНТИТ

Цементит (Fe₃C) – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), содержит 6,67 % углерода. Более точные исследования показали, что цементит может иметь переменную концентрацию углерода. Однако в дальнейшем, при разборе диаграммы состояния, сделаем допущение, что Fe₃C имеет постоянный состав. Кристаллическая решетка цементита ромбическая, удельный вес 7,82 г/см³ (очень близок к удельному весу железа). При высоких температурах цементит диссоциирует, поэтому температура его плавления неясна и проставляется ориентировочно – 1260° С. Аллотропических превращений не испытывает. Кристаллическая решетка цементита состоит из ряда октаэдров, оси которых наклонены друг к другу. При низких температурах цементит слабо ферромагнитен, магнитные свойства теряет при температуре около 210° С. Цементит имеет высокую твердость (более 800 НВ, легко царапает стекло), но чрезвычайно низкую, практически нулевую, пластичность.

Цементит способен образовывать твердые растворы замещения. Атомы углерода могут замещаться атомами неметаллов: например, азотом; атомы железа – металлами: марганцем, хромом, вольфрамом и др. Такой твердый раствор на базе решетки цементита называется легированным цементитом. Если графит является стабильной фазой, то цементит – это метастабильная фаза.

Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Этот процесс имеет важное практическое значение при структурообразовании чугунов.



Практическое занятие №7. Фазы железоуглеродистых сплавов

Цель работы: изучить фазы железоуглеродистых сплавов

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать состояния фаз сплавов и влияние на них внешних факторов.

Теоретический материал:

ФАЗЫ В СИСТЕМЕ "ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД"

В системе железо – углерод существуют следующие фазы: жидкая фаза, феррит, аустенит, цементит, графит.

ЖИДКАЯ ФАЗА

Жидкая фаза. В жидком состоянии железо хорошо растворяет углерод в любых пропорциях с образованием однородной жидкой фазы.

ФЕРРИТ

Феррит (Φ , α)- твердый раствор внедрения углерода в α -железе (от латинского слова *ferrum* – железо). Различают низкотемпературный феррит с предельной растворимостью углерода 0,02 % при температуре 727° С (точка Р) и высокотемпературный δ -феррит (в интервале температур 1392...1539° С) с предельной растворимостью углерода 0,1 % при температуре 1499° С (точка J).

Свойства феррита близки к свойствам железа. Он мягок (твердость – 80 - 130 НВ, временное сопротивление – $\sigma_{\text{в}}=300$ МПа) и пластичен (относительное удлинение - $\delta=50$ %), магнитен до 768° С.

Под микроскопом феррит выглядит как светлые полиэдрические зерна. В сталях может существовать в виде сетки (разной толщины, в зависимости от содержания углерода), зерен (малоуглеродистые стали), пластин или игл (видманштетт).

АУСТЕНИТ В СТАЛЯХ

Аустенит (A , γ) – твердый раствор внедрения углерода в γ -железо (по имени английского ученого Р.Аустена). Углерод занимает место в центре гранецентрированной кубической ячейки. Предельная растворимость углерода в γ -железе 2,14 % при температуре 1147° С (точка Е). Аустенит имеет твердость 180 НВ, пластичен (относительное удлинение – $\delta=40...50$ %), парамагнитен. При растворении в аустените других элементов могут изменяться свойства и температурные границы существования. Под микроскопом выглядит как светлые полиэдрические зерна с двойниками.

ЦЕМЕНТИТ – ФОРМЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ

В железоуглеродистых сплавах присутствуют фазы: цементит первичный, цементит вторичный, цементит третичный. Химические и физические свойства этих фаз одинаковы. Влияние на механические свойства сплавов оказывает различие в размерах, количестве и расположении этих выделений. Цементит первичный выделяется из жидкой фазы в виде крупных пластинчатых кристаллов. Цементит вторичный выделяется из аустенита и располага-

ется в виде сетки вокруг зерен аустенита (при охлаждении – вокруг зерен перлита). Цементит третичный выделяется из феррита и в виде мелких включений располагается у границ ферритных зерен.

Поскольку углерод в сплавах с железом встречается в виде цементита и графита, существуют две диаграммы состояния, описывающие условия равновесия фаз в системах железо - цементит и железо - графит. Первая диаграмма (Fe — Fe₃C) называется цементитной (метастабильная), вторая (Fe - C) - графитной (стабильная). Оба варианта диаграммы приводятся вместе в одной системе координат: температура - содержание углерода. Диаграмма состояния системы железо - углерод построена по результатам многочисленных исследований, проведенных учеными ряда стран. Особое место среди них занимают работы Д.К. Чернова. Он открыл существование критических точек в стали, определил их зависимость от содержания углерода, заложил основы для построения диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов в ее нижней, наиболее важной части.

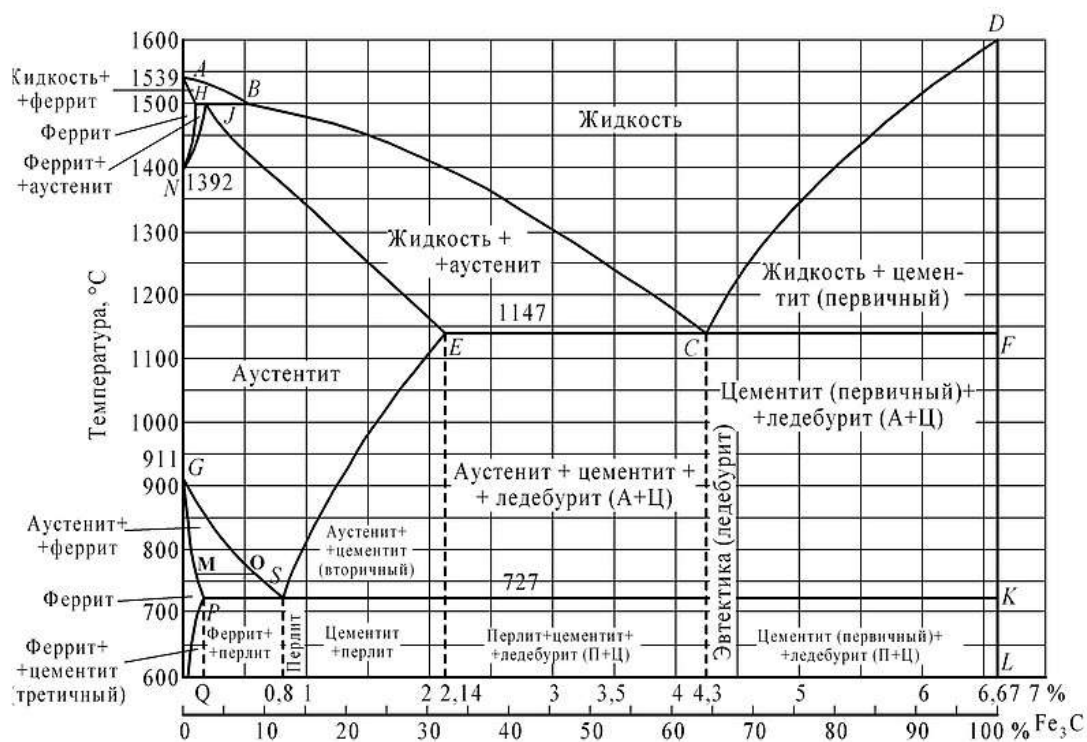


Рис.27 Диаграмма железо-углерод.

Буквенное обозначение узловых точек в диаграмме является общепринятым как в России, так и за рубежом.

Имеющиеся во всех областях диаграммы фазы видны на рисунке. Значение всех линий указано в таблице.

Ликвидус по всей диаграмме проходит по линиям АВ, ВС, CD; солидус - по линиям АН, НJ, JE, ECF. Сплавы железа с углеродом обычно делят на стали и чугуны. Условной границей для такого деления является 2,14 % С (точка E). Сплавы, содержащие углерода менее 2,14 %, относятся к сталям, более 2,14 % - к чугунам.

температуры, при которых происходят фазовые и структурные превращения в сплавах системы железо – цементит, т.е. критические точки, имеют условные обозначения. Обозначаются буквой А. В зависимости от того, при нагреве или при охлаждении определяется критическая точка, к букве А добавляется индекс с (от слова *chauffage* – нагрев) при нагреве и индекс r (от слова *refroidissement* – охлаждение) при охлаждении с оставлением цифры, характеризующей данное превращение.

Таким образом, например, нагрев доэвтектоидной стали выше соответствующей точки на линии GS обозначается как нагрев выше точки АС3. При охлаждении же этой стали первое превращение должно быть обозначено как Ar3, второе (на линии PSK) - как Ar1.

ДРУГИЕ СТРУКТУРНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ В СИСТЕМЕ "ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД"

Кроме компонентов и фаз в системе сплавов "железо-углерод" присутствуют другие структурные составляющие - перлит и ледебурит

ПЕРЛИТ

Перлит - эвтектоид, механическая смесь феррита и цементита, полученная в результате распада аустенита при охлаждении сплавов ниже 727° С. При медленном охлаждении перлит присутствует во всех сплавах с концентрацией углерода от 0,02 до 6,67%. Под микроскопом перлит может выглядеть либо как пластины, либо как зерна - зернистый перлит. Его вид, также как и механические свойства, зависит от скорости охлаждения сплава и вида его термической обработки

ЛЕДЕБУРИТ В СТАЛЯХ

Ледебурит - эвтектика, механическая смесь аустенита и цементита, выделяющаяся из жидкости при охлаждении сплавов ниже 1147° С. Принципиальное отличие эвтектикой составляющей от эвтектоидной заключается в том, что первая выделяется из жидкости, а вторая из твердого раствора, в случае железоуглеродистых сплавов - из аустенита. Название данная структурная составляющая получила в честь имени немецкого ученого-металлурга Ледебура.

УЗЛОВЫЕ КРИТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

Обозначение точки	$t, ^\circ\text{C}$	C, %	Значение точки
A	1539	0	Плавление (кристаллизация) чистого железа
N	1392	0	Полиморфное превращение $\delta \leftrightarrow \gamma$ в чистом железе
G	911	0	Полиморфное превращение $\alpha \leftrightarrow \gamma$ в чистом железе
H	1499	0,1	δ - твердый раствор, предельно насыщенный углеродом. Участвует в перитектическом превращении
J (I)	1499	0,16	Аустенит, возникающий в результате перитектического превращения
B	1499	0,51	Жидкая фаза, участвующая в перитектическом превращении
D	1260	6,67	Предполагаемая температура плавления Fe_3C
E	1147	2,14	Аустенит, предельно насыщенный углеродом
C	1147	4,3	Жидкая фаза, испытывающая эвтектическое превращение
F	1147	6,67	
P	727	0,02	Феррит, предельно насыщенный углеродом
S	727	0,8	Аустенит, испытывающий эвтектоидное превращение
K	727	6,67	
Q	20	0,006	Феррит, предельно насыщенный углеродом

ЗНАЧЕНИЕ ЛИНИЙ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

Линии	Значение линии
AB	Ликвидус для δ - твердого раствора
AH	Солидус для δ - твердого раствора
BC	Ликвидус для аустенита
J(I)E	Солидус для аустенита
CD	Ликвидус для цементита (первичного)
HJB	Перитектическое превращение: $\delta_{\text{ж}} + L_{\text{ж}} \rightarrow \gamma_{\text{J}}$
ECF	Эвтектическое превращение: $L_{\text{с}} \rightarrow (\gamma_{\text{э}} + \text{Fe}_3\text{C})$
PSK (A_1)	Эвтектоидное превращение: $\gamma_{\text{с}} \rightarrow (\alpha_{\text{р}} + \text{Fe}_3\text{C})$
HN	Начало полиморфного превращения $\delta \rightarrow \gamma$ в сплавах при охлаждении
JN (A_4)	Конец полиморфного превращения $\delta \rightarrow \gamma$ в сплавах при охлаждении
ES (A_{cm})	Линия предельной растворимости углерода в γ - Fe. Начало выделения цементита (вторичного) из аустенита при охлаждении
GS (A_3)	Начало аллотропического превращения $\gamma \rightarrow \alpha$ в сплавах при охлаждении. Начало выделения феррита из аустенита при охлаждении
GP	Линия предельной растворимости углерода в α - Fe
PQ	Начало выделения цементита (третичного) из феррита при охлаждении
MO (A_2)	Переход из ферромагнитного в парамагнитное состояние (768°C), на д.с. Указывается редко

Рис.29 Значения линий на диаграмме железо-углерод

Всякая диаграмма состояния показывает условия равновесного сосуществования фаз во взятой системе компонентов.

Полное физико-химическое равновесие между фазами может быть достигнуто только в специальных лабораторных условиях, а на практике некоторым приближением к этому состоянию может быть случай чрезвычайно медленного охлаждения или нагрева сплава с весьма длительными выдержками во времени при любых искомым температурах.

Практическое занятие №8. Структуры железоуглеродистых сплавов

Цель работы: изучение структуры железоуглеродистых сплавов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать строение структуры сплавов и влияние на неё внешних факторов.

Теоретический материал:

Все сплавы системы железо – цементит по структурному признаку делят на две большие группы: стали и чугуны.

Особую группу составляют сплавы с содержанием углерода менее 0,02% (точка Р), их называют техническое железо. Микроструктуры сплавов представлены на рис.9.2. Структура таких сплавов после окончания кристаллизации состоит или из зерен феррита (рис.30 а), при содержании углерода менее 0,006 %, или из зерен феррита и кристаллов цементита третичного, расположенных по границам зерен феррита (рис.30 б), если содержание углерода от 0,006 до 0,02 %.

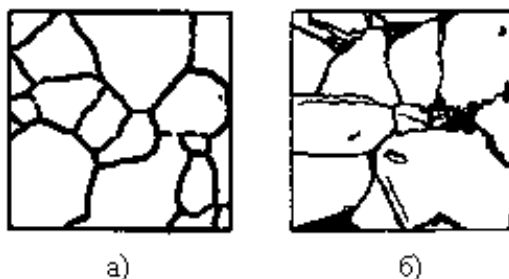


Рис.30 Микроструктуры технического железа: а – содержание углерода менее 0,006%; б – содержание углерода 0,006...0,02 %

Углеродистыми сталями называют сплавы железа с углеродом, содержащие 0,02...2,14 % углерода, заканчивающие кристаллизацию образованием аустенита.

Они обладают высокой пластичностью, особенно в аустенитном состоянии.

Структура сталей формируется в результате перекристаллизации аустенита. Микроструктуры сталей представлены на рис. 31.

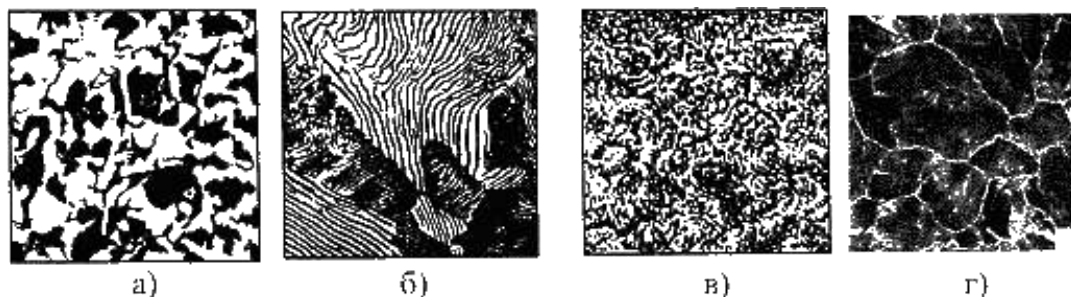


Рис.31 Микроструктуры сталей: а – доэвтектоидная сталь ($\Phi + \Pi$); б – эвтектоидная сталь (пластинчатый перлит); в – эвтектоидная сталь (зернистый перлит); г – заэвтектоидная сталь ($\Pi + \text{Ц}_{\text{в}}$).

По содержанию углерода и по структуре стали подразделяются на доэвтектоидные ($0,02\% < C < 0,8\%$), структура феррит + перлит ($\Phi + \Pi$) (рис.31 а); эвтектоидные ($C = 0,8\%$), структура перлит (Π), перлит может быть пластинчатый или зернистый (рис. 31 б и 31 в); заэвтектоидные ($0,8\% < C < 2,14\%$), структура перлит + цементит вторичный ($\Pi + \text{Ц}_{\text{в}}$), цементитная сетка располагается вокруг зерен перлита.

По микроструктуре сплавов можно приблизительно определить количество углерода в составе сплава, учитывая следующее: количество углерода в перлите составляет 0,8 %, в цементите – 6,67 %. Ввиду малой растворимости углерода в феррите, принимается, что в нем углерода нет.

Сплавы железа с углеродом, содержащие углерода более 2,14 % (до 6,67 %), заканчивающие кристаллизацию образованием эвтектики (ледебурита), называют чугунами.

Наличие легкоплавкого ледебурита в структуре чугунов повышает их литейные свойства.

Чугуны, кристаллизующиеся в соответствии с диаграммой состояния железо – цементит, отличаются высокой хрупкостью. Цвет их излома – сербристо-белый. Такие чугуны называются белыми чугунами.

Микроструктуры белых чугунов представлены на рис. 32



Рис.32 Микроструктуры белых чугунов: а – доэвтектический белый чугун ($\Pi + \text{Л} + \text{Ц}_{\text{в}}$); б – эвтектический белый чугун (Л); в – заэвтектический белый чугун ($\text{Л} + \text{Ц}_{\text{г}}$).

По количеству углерода и по структуре белые чугуны подразделяются на: доэвтектические ($2,14\% < C < 4,3\%$), структура перлит + ледебурит + цементит вторичный ($\Pi + \text{Л} + \text{Ц}_{\text{в}}$); эвтектические ($C = 4,3\%$), структура ледебурит (Л) (рис. 9.4 б); заэвтектические ($4,3\% < C < 6,67\%$), структура ледебурит + цементит первичный ($\text{Л} + \text{Ц}_{\text{г}}$) (рис. 9.4 в).

В структуре доэвтектических белых чугунов присутствует цементит вторичный, который образуется в результате изменения состава аустенита при охлаждении (по линии ES). В структуре цементит вторичный сливается с цементитом, входящим в состав ледебурита.

Фазовый состав сталей и чугунов при нормальных температурах один и тот же, они состоят из феррита и цементита. Однако свойства сталей и белых чугунов значительно различаются. Таким образом, основным фактором, определяющим свойства сплавов системы железо – цементит является их структура.

Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки. Стали, подразделяют на углеродистые и легированные.

Влияние углерода и примесей на свойства сталей

Углеродистые стали являются основными. Их свойства определяются количеством углерода и содержанием примесей, которые взаимодействуют с железом и углеродом.

Влияние углерода.

Влияние углерода на свойства сталей показано на рис. 33

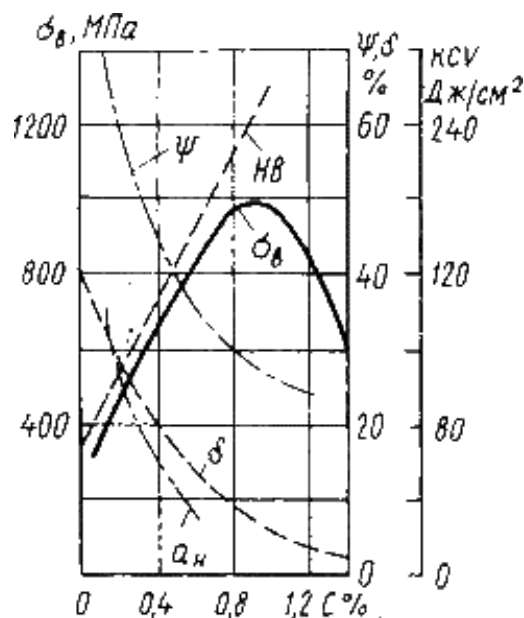


Рис.33 Влияние углерода на свойства сталей

С ростом содержания углерода в структуре стали увеличивается количество цементита, при одновременном снижении доли феррита. Изменение соотношения между составляющими приводит к уменьшению пластичности, а также к повышению прочности и твердости. Прочность повышается до содержания углерода около 1%, а затем она уменьшается, так как образуется грубая сетка цементита вторичного.

Углерод влияет на вязкие свойства. Увеличение содержания углерода повышает порог хладоломкости и снижает ударную вязкость.

Повышаются электросопротивление и коэрцитивная сила, снижаются магнитная проницаемость и плотность магнитной индукции.

Углерод оказывает влияние и на технологические свойства. Повышение содержания углерода ухудшает литейные свойства стали (используются стали с содержанием углерода до 0,4 %), обрабатываемость давлением и резанием, свариваемость. Следует учитывать, что стали с низким содержанием углерода также плохо обрабатываются резанием.

Влияние примесей.

В сталях всегда присутствуют примеси, которые делятся на четыре группы. 1. Постоянные примеси: кремний, марганец, сера, фосфор.

Марганец и кремний вводятся в процессе выплавки стали для раскисления, они являются технологическими примесями.

Содержание марганца не превышает 0,5...0,8 %. Марганец повышает прочность, не снижая пластичности, и резко снижает красноломкость стали, вызванную влиянием серы. Он способствует уменьшению содержания сульфида железа FeS, так как образует с серой соединение сульфид марганца MnS. Частицы сульфида марганца располагаются в виде отдельных включений, которые деформируются и оказываются вытянутыми вдоль направления прокатки.

Содержание кремния не превышает 0,35...0,4 %. Кремний, дегазируя металл, повышает плотность слитка. Кремний растворяется в феррите и повышает прочность стали, особенно повышается предел текучести, $\sigma_{0,2}$. Но наблюдается некоторое снижение пластичности, что снижает способность стали к вытяжке

Содержание фосфора в стали 0,025...0,045 %. Фосфор, растворяясь в феррите, искажает кристаллическую решетку и увеличивает предел прочности σ_s и предел текучести $\sigma_{ж}$, но снижает пластичность и вязкость.

Располагаясь вблизи зерен, увеличивает температуру перехода в хрупкое состояние, вызывает хладоломкость, уменьшает работу распространения трещин. Повышение содержания фосфора на каждую 0,01 % повышает порог хладоломкости на 20...25°C.

Фосфор обладает склонностью к ликвации, поэтому в центре слитка отдельные участки имеют резко пониженную вязкость.

Для некоторых сталей возможно увеличение содержания фосфора до 0,10...0,15 %, для улучшения обрабатываемости резанием.

S – уменьшается пластичность, свариваемость и коррозионная стойкость. P – искажает кристаллическую решетку.

Содержание серы в сталях составляет 0,025...0,06 %. Сера – вредная примесь, попадает в сталь из чугуна. При взаимодействии с железом образует химическое соединение – сульфид серы FeS, которое, в свою очередь, образует с железом легкоплавкую эвтектику с температурой плавления 988°C. При нагреве под прокатку или ковку эвтектика плавится, нарушаются связи между зернами. При деформации в местах расположения эвтектики возникают надрывы и трещины, заготовка разрушается – явление красноломкости.

Красноломкость – повышение хрупкости при высоких температурах

Сера снижает механические свойства, особенно ударную вязкость α' и пластичность (δ и ψ), а так же предел выносливости. Она ухудшает свариваемость и коррозионную стойкость.

2. Скрытые примеси - газы (азот, кислород, водород) – попадают в сталь при выплавке.

Азот и кислород находятся в стали в виде хрупких неметаллических включений: окислов (FeO , SiO_2 , Al_2O_3) нитридов (Fe_2N), в виде твердого раствора или в свободном состоянии, располагаясь в дефектах (раковинах, трещинах).

Примеси внедрения (азот N, кислород O) повышают порог хладоломкости и снижают сопротивление хрупкому разрушению. Неметаллические включения (окислы, нитриды), являясь концентраторами напряжений, могут значительно понизить предел выносливости и вязкость.

Очень вредным является растворенный в стали водород, который значительно охрупчивает сталь. Он приводит к образованию в катаных заготовках и поковках флокенов.

Флокены – тонкие трещины овальной или округлой формы, имеющие в изломе вид пятен – хлопьев серебристого цвета.

Металл с флокенами нельзя использовать в промышленности, при сварке образуются холодные трещины в наплавленном и основном металле.

Если водород находится в поверхностном слое, то он удаляется в результате нагрева при $150...180^\circ$, лучше в вакууме $\sim 10^{-2}...10^{-3}$ мм рт. ст.

Для удаления скрытых примесей используют вакуумирование.

3. Специальные примеси – специально вводятся в сталь для получения заданных свойств. Примеси называются легирующими элементами, а стали – легированные сталями.

Назначение легирующих элементов.

Основным легирующим элементом является хром (0,8...1,2)%. Он повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной твердости стали. Порог хладоломкости хромистых сталей - (0...-100)°C.

Дополнительные легирующие элементы.

Бор - 0.003%. Увеличивает прокаливаемость, а также повышает порог хладоломкости (+20...-60 °C.

Марганец – увеличивает прокаливаемость, однако содействует росту зерна, и повышает порог хладоломкости до (+40...-60)°C.

Титан (~0,1%) вводят для измельчения зерна в хромомарганцевой стали.

Введение молибдена (0,15...0,46%) в хромистые стали увеличивает прокаливаемость, снижает порог хладоломкости до -20...-120°C. Молибден увеличивает статическую, динамическую и усталостную прочность стали, устраняет склонность к внутреннему окислению. Кроме того, молибден снижает склонность к отпускной хрупкости сталей, содержащих никель.

Ванадий в количестве (0.1...0.3) % в хромистых сталях измельчает зерно и повышает прочность и вязкость.

Введение в хромистые стали никеля, значительно повышает прочность и прокаливаемость, понижает порог хладоломкости, но при этом повышает склонность к отпускной хрупкости (этот недостаток компенсируется введением в сталь молибдена). Хромоникелевые стали, обладают наилучшим комплексом свойств. Однако никель является дефицитным, и применение таких сталей ограничено.

Значительное количество никеля можно заменить медью, это не приводит к снижению вязкости.

При легировании хромомарганцевых сталей кремнием получают, стали – хромансиль (20ХГС, 30ХГСА). Стали обладают хорошим сочетанием прочности и вязкости, хорошо свариваются, штампуются и обрабатываются резанием. Кремний повышает ударную вязкость и температурный запас вязкости.

Добавка свинца, кальция – улучшает обрабатываемость резанием. Применение упрочнения термической обработки улучшает комплекс механических свойств.

Распределение легирующих элементов в стали.

Легирующие элементы растворяются в основных фазах железоуглеродистых сплавов (феррит, аустенит, цементит), или образуют специальные карбиды.

Растворение легирующих элементов в Fe_α происходит в результате замещения атомов железа атомами этих элементов. Эти атомы создают в решетке напряжения, которые вызывают изменение ее периода.

Изменение размеров решетки вызывает изменение свойств феррита – прочность повышается, пластичность уменьшается. Хром, молибден и вольфрам упрочняют меньше, чем никель, кремний и марганец. Молибден и вольфрам, а также кремний и марганец в определенных количествах, снижают вязкость.

В сталях карбиды образуются металлами, расположенными в таблице Менделеева левее железа (хром, ванадий, титан), которые имеют менее построенную d – электронную полосу.

В процессе карбидообразования углерод отдает свои валентные электроны на заполнение d – электронной полосы атома металла, тогда как у металла валентные электроны образуют металлическую связь, обуславливающую металлические свойства карбидов.

При соотношении атомных радиусов углерода и металла более 0,59 образуются типичные химические соединения: Fe_3C , Mn_3C , $Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3 , Fe_3W_3C – которые имеют сложную кристаллическую решетку и при нагреве растворяются в аустените.

При соотношении атомных радиусов углерода и металла менее 0,59 образуются фазы внедрения: Mo_2C , WC , VC , TiC , TaC , W_2C – которые имеют простую кристаллическую решетку и трудно растворяются в аустените.

Все карбиды обладают высокой твердостью и температурой плавления.

Практическое занятие №9. Свариваемость сталей

Цель работы: изучить группы свариваемости стали, влияние на неё углерода и легирующих компонентов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Перечислить группы свариваемости стали.

Описать влияние на свариваемость углерода и легирующих компонентов.

Описать технологические методы улучшения свариваемости.

Теоретический материал:

При оценке свариваемости роль химического состава стали является преобладающей. По этому показателю в первом приближении проводят оценку свариваемости.

Влияние основных легирующих примесей на свариваемость сталей приведены ниже.

Свариваемость - определение понятия.

ГОСТ 23870-79 Свариваемость сталей Метод оценки влияния сварки плавлением на основной металл

Классификация легированных сталей.

Влияние легирующих элементов на склонность наплавленного металла к образованию трещин.

ГОСТ 29273-92 Свариваемость - Определение

Свариваемость меди

Углерод (C) – одна из важнейших примесей, определяющая прочность, пластичность, закаливаемость и др. характеристики стали. Содержание углерода в сталях до 0,25% не снижает свариваемости. Более высокое содержание "C" приводит к образованию закалочных структур в металле зоны термического влияния (далее по тексту – ЗТВ) и появлению трещин.

Сера (S) и фосфор (P) – вредные примеси. Повышенное содержание "S" приводит к образованию горячих трещин – красноломкость, а "P" вызывает хладноломкость. Поэтому содержание "S" и "P" в низкоуглеродистых сталях ограничивают до 0,04-0,05%.

Кремний (Si) присутствует в сталях как примесь в количестве до 0,3% в качестве раскислителя. При таком содержании "Si" свариваемость сталей не ухудшается. В качестве легирующего элемента при содержании "Si" – до 0,8-1,0% (особенно до 1,5%) возможно образование тугоплавких оксидов "Si", ухудшающих свариваемость стали.

Марганец (Mn) при содержании в стали до 1,0% – процесс сварки не затруднен. При сварке сталей с содержанием "Mn" в количестве 1,8-2,5% возможно появление закалочных структур и трещин в металле ЗТВ.

Хром (Cr) в низкоуглеродистых сталях ограничивается как примесь в количестве до 0,3%. В низколегированных сталях возможно содержание хрома в пределах 0,7-3,5%. В легированных сталях его содержание колеблется от 12% до 18%, а в высоколегированных сталях достигает 35%. При сварке

хром образует карбиды, ухудшающие коррозионную стойкость стали. Хром способствует образованию тугоплавких оксидов, затрудняющих процесс сварки.

Никель (Ni) аналогично хрому содержится в низкоуглеродистых сталях в количестве до 0,3%. В низколегированных сталях его содержание возрастает до 5%, а в высоколегированных – до 35%. В сплавах на никелевой основе его содержание является преобладающим. Никель увеличивает прочностные и пластические свойства стали, оказывает положительное влияние на свариваемость.

Ванадий (V) в легированных сталях содержится в количестве 0,2-0,8%. Он повышает вязкость и пластичность стали, улучшает ее структуру, способствует повышению прокаливаемости.

Молибден (Mo) в сталях ограничивается 0,8%. При таком содержании он положительно влияет на прочностные показатели сталей и измельчает ее структуру. Однако при сварке он выгорает и способствует образованию трещин в наплавленном металле.

Титан и ниобий (Ti и Nb) в коррозионностойких и жаропрочных сталях содержатся в количестве до 1%. Они снижают чувствительность стали к межкристаллитной коррозии, вместе с тем ниобий в сталях типа 18-8 способствует образованию горячих трещин.

Медь (Si) содержится в сталях как примесь (в количестве до 0,3% включительно), как добавка в низколегированных сталях (0,15 до 0,5%) и как легирующий элемент (до 0,8-1%). Она повышает коррозионные свойства стали, не ухудшая свариваемости.

При оценке влияния химического состава на свариваемость сталей, кроме содержания углерода, учитывается также содержание других легирующих элементов, повышающих склонность стали к закалке. Это достигается путем пересчета содержания каждого легирующего элемента стали в эквиваленте по действию на ее закаливаемость с использованием переводных коэффициентов, определенных экспериментально. Суммарное содержание в стали углерода и пересчитанных эквивалентных ему количеств легирующих элементов называется углеродным эквивалентом. Для его расчета существует ряд формул, составленных по различным методикам, которые позволяют оценить влияние химического состава низколегированных сталей на их свариваемость:

$$\text{СЭКВ} = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/5 + \text{V}/5 + \text{Ni}/15 + \text{Si}/15 \text{ (метод МИС);}$$

$$\text{СЭКВ} = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Ni}/40 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/4 \text{ (японский метод);}$$

$$[\text{C}]\text{X} = \text{C} + \text{Mn}/9 + \text{Cr}/9 + \text{Ni}/18 + 7\text{Mo}/90 \text{ (метод Сефериана),}$$

где цифры указывают содержание в стали в массовых долях процента соответствующих элементов.

Каждая из этих формул приемлема лишь для определенной группы сталей, однако значение углеродного эквивалента может быть использовано при решении практических вопросов, связанных с разработкой технологии сварки. Достаточно часто расчеты химического углеродного эквивалента для углеродистых и низколегированных конструкционных сталей перлитного класса выполняются по формуле Сефериана.

По свариваемости стали условно делят на четыре группы: хорошо сваривающиеся, удовлетворительно сваривающиеся, ограниченно сваривающиеся, плохо сваривающиеся (табл. 1.1).

К первой группе относят наиболее распространенные марки низкоуглеродистых и легированных сталей ($[C]X \leq 0,38$), сварка которых может быть выполнена по обычной технологии, т.е. без подогрева до сварки и в процессе сварки, а также без последующей термообработки. Литые детали с большим объемом наплавленного металла рекомендуется сваривать с промежуточной термообработкой. Для конструкций, работающих в условиях статических нагрузок, термообработку после сварки не производят. Для ответственных конструкций, работающих при динамических нагрузках или высоких температурах, термообработка рекомендуется

Ко второй группе относят углеродистые и легированные стали ($[C]x = 0,39-0,45$), при сварке которых в нормальных условиях производства трещин не образуется. В эту группу входят стали, которые для предупреждения образования трещин необходимо предварительно нагревать, а также подвергать последующей термообработке. Термообработка до сварки различная и зависит от марки стали и конструкции детали. Для отливок из стали 30Л обязателен отжиг. Детали машин из проката или поковок, не имеющих жестких контуров, можно сваривать в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск). Сварка при температуре окружающей среды ниже 0°C не рекомендуется. Сварку деталей с большим объемом наплавленного металла рекомендуется проводить с промежуточной термообработкой (отжиг или высокий отпуск)

Таблица 1. Классификация сталей по свариваемости.

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
Хорошо сваривающиеся	380-94*	Низкоуглеродистые Ст1-Ст4 (кп, пс, сп)
	1050-88	08-25 (кп, пс)
	803-81	11ЮА, 18ЮА
	4041-71	08Ю, 25пс
Хорошо сваривающиеся	5520-79	15К, 16К, 18К, 20К, 22К
	5521-93	А, А32, А36, А40, В, Д, Д32, Д36, Д40, Е, Е32, Е36, Е40
	5781-82	10ГТ
	977-88	15Л, 20Л, 25Л
	4543-71	Низколегированные 15Г, 20Г, 25Г, 10Г2, 12ХН, 12ХН2, 15Н2М, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХФ, 20Н2М
	19281-89	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 10Г2Б, 10Г2БД, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 10Г2С1, 09Г2СД, 10Г2С1Д, ЮХСНД, ЮХНДП, 14Г2АФ, 14Г2АФД, 15ГФД, 15ХСНД
	977-88	08ГДНФЛ, 12ДН2ФЛ, 13ХДНФТЛ
Удовлетворительно сваривающиеся	380-94*	Углеродистые Ст5 (пс, сп), Ст5Гпс
	1050-88	30
	977-75	30Л
	4543-71	Легированные 16ХГ, 18ХГТ, 14ХГН, 19ХГН, 20ХГСА,

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
		20ХГР, 20ХН, 20ХНР, 12ХН3А, 20ХН2М
	19281-89	15Г2АФДпс, 16Г2АФД, 15Г2СФ, 15Г2СФД
	10702-78**	20Г2С
	5781-82	18Г2С, 25Г2С
	977-88	20ГЛ, 20ГСЛ, 20ФЛ, 20Г1ФЛ, 20ДХЛ, 12ДХН1МФЛ
Ограниченно свариваемые	380-94*	Углеродистые Ст5 (пс, сп), Ст5Гпс
	1050-88	35, 40, 45
	977-88	35Л 40Л, 45Л
	4543-71	Легированные 25ХГСА, 29ХН3А, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 20ХН4А, 25ХГМ, 35Г, 35Г2, 35Х, 40Х, 33ХС, 38ХС, 30ХГТ, 30ХРА, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 25ХГНМТ, 30ХГН3А, 20Х2Н4А
	11268-76	12Х2НВФА
	977-88	35ГЛ, 32Х06Л, 45ФЛ, 40ХЛ, 35ХГСЛ, 35НГМЛ, 20ХГСНДМЛ, 30ХГСФЛ, 23ХГС2МФЛ
Плохо свариваемые	1050-88	Углеродистые 50, 55
	977-88	50Л, 55Л
	4543-71	Легированные 50Г, 45Г2, 50Г2, 45Х, 40ХС, 50ХГ, 50ХГА, 50ХН, 55С2, 55С2А, 30ХГСН2А и др.
	11268-76	23Х2НВФА
	10702-78**	38ХГНМ
	5950-2000	9Х, 9Х1
	977-88	30ХНМЛ, 25Х2Г2ФЛ
	1435-99	У7-У13А
*ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94). ** В Украине отменен.		

В случае, когда невозможен последующий отпуск, заваренную деталь подвергают местному нагреву. Термообработка после сварки разная для различных марок сталей. При заварке мелких дефектов стали, содержащей более 0,35% углерода, для улучшения механических свойств и обрабатываемости необходима термическая обработка (отжиг или высокий отпуск по режиму для данной стали).

К третьей группе относят углеродистые и легированные стали ([С]Х=0,46-0,59) перлитного класса, склонные в обычных условиях сварки к образованию трещин. Свариваемость сталей этой группы обеспечивается при использовании специальных технологических мероприятий, заключающихся в их предварительной термообработке и подогреве. Кроме того, большинство изделий из этой группы сталей подвергают термообработке после сварки. Для деталей и отливок из проката или поковок, не имеющих особо жестких контуров и жестких узлов, допускается заварка в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск).

Без предварительного подогрева такие стали можно сваривать в случаях, когда соединения не имеют жестких контуров, толщина металла не более 14мм, температура окружающей среды не ниже +5°C и свариваемые соеди-

нения имеют вспомогательный характер. Во всех остальных случаях обязательен предварительный подогрев до температуры 200°C.

Термообработка данной группы сталей назначается по режиму, выбираемому для конкретной стали.

К четвертой группе относят углеродистые и легированные стали ($[C] \geq 0,60$) перлитного класса, наиболее трудно поддающиеся сварке и склонные к образованию трещин. При сварке этой группы сталей с использованием рациональных технологий не всегда достигаются требуемые эксплуатационные свойства сварных соединений. Эти стали свариваются ограниченно, поэтому их сварку выполняют с обязательной предварительной термообработкой, с подогревом в процессе сварки и последующей термообработкой. Перед сваркой такая сталь должна быть отожжена. Независимо от толщины и типа соединения сталь необходимо предварительно подогреть до температуры не ниже 200°C. Термообработку изделия после сварки проводят в зависимости от марки стали и ее назначения.

Эксплуатационная надежность и долговечность сварных конструкций из низколегированных теплоустойчивых сталей зависит от предельно допустимой температуры эксплуатации и длительной прочности сварных соединений при этой температуре. Эти показатели определяются системой легирования теплоустойчивых сталей. По системе легирования стали можно разделить на хромомолибденовые, хромомолибденованадиевые и хромомолибденвольфрамовые (табл. 1.2). В этих сталях значение углеродного эквивалента изменяется в широких пределах и оценка свариваемости сталей по его значению нецелесообразна. Расчет температуры предварительного подогрева выполняется для каждой конкретной марки сталей.

Разделение высоколегированных сталей по группам (нержавеющие, кислотостойкие, жаростойкие и жаропрочные) в рамках ГОСТ 5632-72 выполнено условно в соответствии с их основными служебными характеристиками, так как стали жаропрочные и жаростойкие являются одновременно кислотостойкими в определенных агрессивных средах, а кислотостойкие стали обладают одновременно жаропрочностью и жаростойкостью при определенных температурах.

Остановимся на кратких рекомендациях по технологии сварки высоколегированных сталей, которые, как уже отмечалось, разделяются на четыре группы.

Для хорошо сваривающихся высоколегированных сталей термообработку до и после сварки не проводят. При значительном наклепе металл необходимо закалить от 1050-1100°C. Тепловой режим сварки нормальный. К этой группе сталей можно отнести ряд кислотостойких и жаропрочных сталей с аустенитной и аустенитно-ферритной структурой.

Для удовлетворительно сваривающихся высоколегированных сталей перед сваркой рекомендуется предварительный отпуск при 650-710°C с охлаждением на воздухе. Тепловой режим сварки нормальный. При отрицательной температуре сварка не допускается. Предварительный подогрев до 150-200°C необходим при сварке элементов конструкции с толщиной стенки более 10мм. После сварки для снятия напряжений рекомендуется отпуск при

650-710°C. К этой группе в первую очередь можно отнести большую часть хромистых сталей и некоторых хромоникелевых сталей.

Таблица 2. Марки теплоустойчивых и высоколегированных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основе.

Класс	ГОСТ или ТУ	Марка стали
Перлитный или мартенситный	ГОСТ4543-71	Теплоустойчивые хромомолибденовые 15ХМ, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 38Х2МЮА
	ТУ108-1028-81	34ХМА
	ГОСТ20072-74	12МХ, 15Х5М, 15Х5
	ГОСТ5520-79	12ХМ, 10Х2М, 10Х2М-ВД
	ГОСТ977-88	35ХМЛ
	ТУ5.961-11.151-80	20ХМЛ
	ГОСТ4543-71	Теплоустойчивые хромомолибденованадиевые и хромомолибденовольфрамовые 40ХМФА, 30Х3МФ
	ГОСТ20072-74	20Х1М1Ф1БР, 12Х1МФ, 25Х1МФ, 25Х2М1Ф, 20Х1М1Ф1ТР, 18Х3МВ, 20Х3ИВФ, 15Х5ВФ
	ТУ14-1-1529-76	15Х1М1Ф ТУ14-1-3238-81, 35ХМФА
	ТУ108.131-86	12Х2МФА, 18Х2МФА, 25Х2МФА
	ТУ14-1-1703-76	38ХМФЮА
	ТУ5.961-11151-80	20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ
Ферритный, мартенситно-ферритный и мартенситный	ГОСТ5632-72	Высокохромистые нержавеющие 08Х13, 12Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 25Х13Н2
	ТУ108-976-80	10Х12НД
	ГОСТ5632-72	Высокохромистые кислотостойкие и жаростойкие 12Х17, 08Х17Т, 09Х16Н4Б, 30Х13Н7С2, 08Х18Т1, 15Х18СЮ, 15Х25Т, 15Х28, 14Х17Н2, 20Х17Н2, 10Х13СЮ, 40Х9С2, 40Х10С2М
	ТУ 14-1-2889-80	09Х17НВД
	ТУ14-1-1958-77	11Х17Н
	ТУ14-1-2533-78	10Х17Ю3Б
	ГОСТ5632-72	Высокохромистые жаростойкие 15Х11МФ, 18Х11МНФБ, 20Х12ВНМФ, 11Х11Н2В2МФ, 13Х11Н2В2МФ, 13Х14Н3В2ФР, 15Х12ВНМФ, 18Х12ВМБФР
	ТУ14-3-450-75	12Х11В2МФ
Аустенитный и аустенитно-ферритный	ГОСТ5632-72	Кислотостойкие 04Х18Н10, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 17Х18Н9, 12Х18Н10Т, 12Х18Н10Б, 03Х18Н11, 08Х18Н12Б, 03Х17Н14М2, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 08Х18Н12Т, 08Х10Н20Т2, 10Х14Г14Н3, 10Х14Г14Н4Т, 10Х14АГ15, 15Х17АГ14, 07Х21Г7АН5, 03Х21Н21М4ГБ, 12Х17Г9АН4, 08Х18Г8Н2Т, 15Х18Н12С4ТЮ
	ТУ108.11.595-87	03Х16Н9М2
Аустенитно-мартенситный	ГОСТ5632-72	07Х16Н6, 09Х17Н7Ю, 09Х17Н7ЮТ, 08Х17Н5М3, 08Х17Н6Т, 09Х15Н8Ю, 20Х13Н4Г9

Класс	ГОСТ или ТУ	Марка стали
Ферритно-аустенитный	ГОСТ5632-72	Высокопрочные кислотостойкие 08Х22Н6Т, 12Х21Н5Т.08Х21Н6
	ТУ14-1-1958-77	10Х25Н6АТМФ
Ферритно-аустенитный	ГОСТ977-88	12Х25Н5ТМФЛ
	ТУ14-1-1541-75	03Х23Н6, 03Х22Н6М2
Аустенитный	ГОСТ5632-72	Жаростойкие 20Х23Н13, 10Х23Н18, 20Х23Н18, 08Х20Н14С2, 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2, 12Х25Н16Г7АР, 36Х18Н25С2, 45Х22Н4М3, 55Х20Г9АН4
Сплавы на железо-никелевой и никелевой основе	ГОСТ5632-72	ХН38ВТ, ХН60Ю, ХН70Ю, ХН78Т
Аустенитный	ГОСТ5632-72	Жаропрочные 10Х11Н20ТЗР, 10Х11Н23ТЗМР, 08Х16Н13М2Б, 09Х16Н15М3Б, 08Х15Н24В4ТР, 31Х19Н9МВБТ, 10Х11Н20ТЗР, 37Х12Н8Г8МФБ, 45Х14Н14В2М, 09Х14Н19В2БР, 09Х14Н19В2БР1, 40Х15Н7Г7Ф2МС, 09Х14Н16Б
Сплавы на железо-никелевой и никелевой основе	ГОСТ5632-72	ХН35ВТ, ХН35ВТЮ, ХН32Т, ХН38ВТ, ХН80ТБЮ, ХН67МВТЮ

Для ограниченно сваривающихся высоколегированных сталей термообработка перед сваркой различная (отпуск при 650-710°С с охлаждением на воздухе или закалка в воде от 1050-1100°С). При сварке большинства сталей этой группы обязателен предварительный нагрев до 200-300°С.

После сварки для снятия напряжений и понижения твердости детали сварного соединения подвергают отпуску при 650-710°С. Для сварки ряда сталей аустенитного класса обязательна закалка в воде от 1050-1100°С.

Для плохо сваривающихся высоколегированных сталей перед сваркой рекомендован отпуск по определенным режимам для различных сталей.

Для всей группы сталей обязателен предварительный подогрев до 200-300°С. Сварка стали 110Г13Л в состоянии закалки производится без нагрева. Термообработку после сварки выполняют по специальным инструкциям, в зависимости от марки стали и назначения. Для стали 110Г13Л термообработка не требуется.

Практическое занятие №10. Чтение сборочных чертежей

Цель работы: отработка практических навыков чтения сборочных чертежей.

Ход работы:

Изучить правила оформления сборочных чертежей.

Сделать чертёж представленной конструкции.

Теоретический материал:

Общие требования к чертежам

ГОСТ 2.109-73 устанавливает основные требования к выполнению чертежей, деталей, сборочных, габаритных и монтажных на стадии разработки рабочей документации для всех отраслей промышленности.

Общие положения

При разработке рабочих чертежей предусматривают:

- а) оптимальное применение стандартных и покупных изделий, а также изделий, освоенных производством и соответствующих современному уровню техники;
- б) рационально ограниченную номенклатуру резьб, шлицев и других конструктивных элементов, их размеров, покрытий и т. д.;
- в) рационально ограниченную номенклатуру марок и сортов материалов, а также применение наиболее дешёвых и наименее дефицитных материалов;
- г) необходимую степень взаимозаменяемости, наиболее выгодные способы изготовления и ремонта изделий, а также их максимальное удобство обслуживания в эксплуатации.

Чертеж детали

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 чертеж детали – это конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.

Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы) должны полностью определять геометрическую форму детали. При выполнении чертежа необходимо руководствоваться правилом, что изображений должно быть минимальное количество.

К другим данным, необходимым для изготовления и контроля детали относятся:

- размеры и предельные отклонения ГОСТ 2.307-68;
- требования к качеству поверхности ГОСТ 2.309-73;
- допуски формы и расположения поверхностей ГОСТ 2.308-79;
- нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки ГОСТ 2.310-68;
- сведения о материале, из которого изготовлена деталь (указывают в графе 3 штампа основной надписи);
- и другие технические требования.

Конструктивные элементы детали

Конструктивные элементы детали представлены на рисунках 34 и 35.

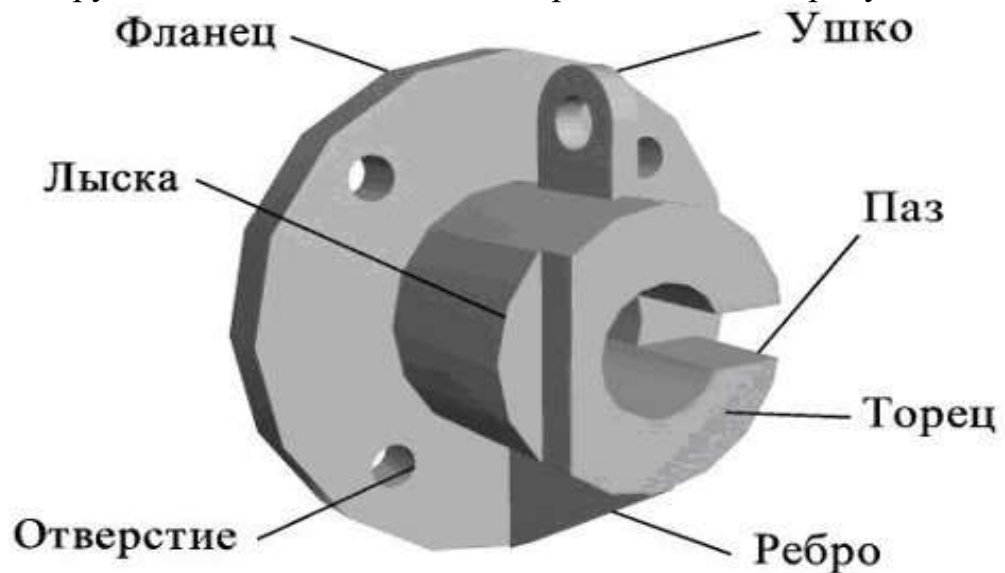


Рис.34 Конструктивные элементы детали



Рис.35 Конструктивные элементы детали

Выбор главного изображения

Выполнение чертежа начинают с выбора главного изображения.

Основное требование к главному изображению оно должно передавать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

В качестве главного изображения (вида спереди) может быть использован как фронтальный разрез, так и сочетание вида и разреза (рис. 36).

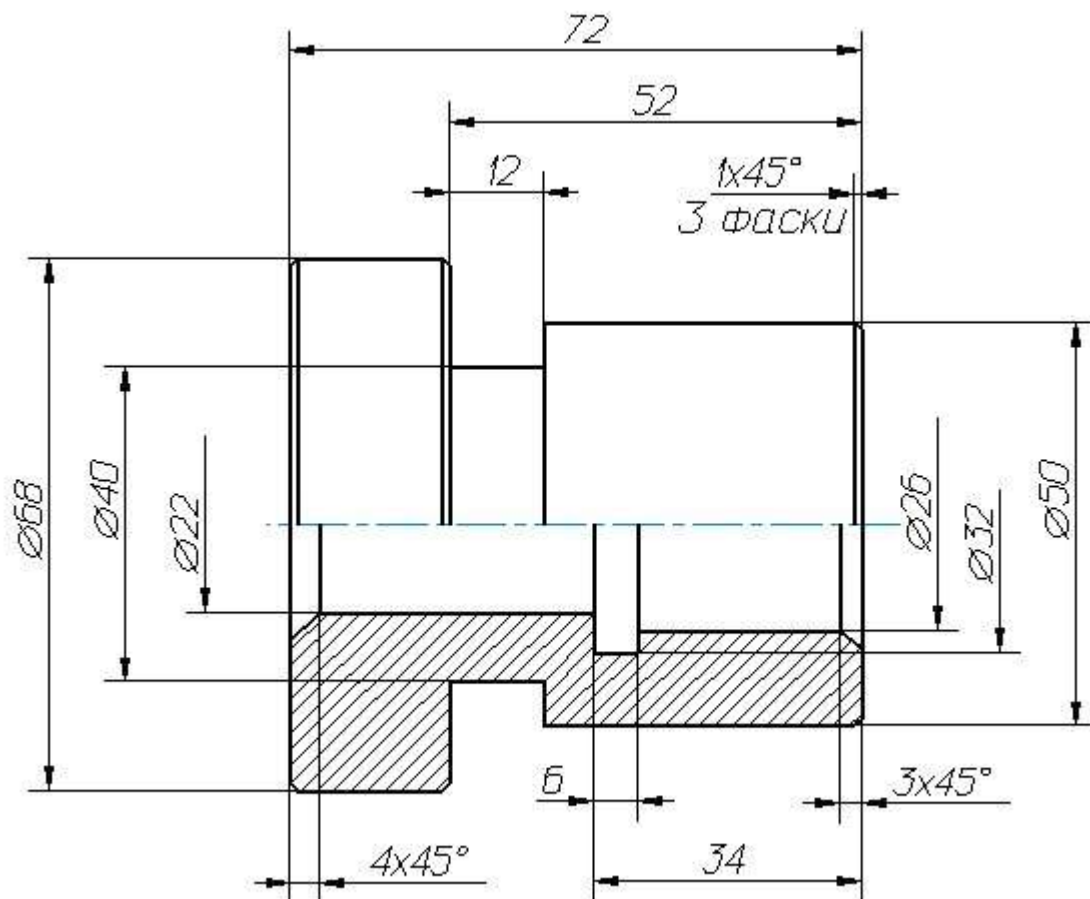


Рис.36 Главный вид – совмещение вида и разреза

Плоские детали из листового материала изображают в одной проекции, показывающей их контурные изображения, толщина детали указывается условной записью S... . Пример такой детали представлен на рис.37.

Для изготовления фасонных деталей из листового материала требуются точные развертки или приближенные заготовки для штампованных деталей с вытяжкой - это плоские детали из листового материала.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) предмета на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для выявления его внешней и внутренней формы и должно давать возможность рационально нанести размеры.

В некоторых случаях одна проекция с соответствующим условным знаком, поставленным у размерного числа, дает полное представление о форме изображенного предмета. Так, например, знак диаметра говорит о том, что изображенный предмет является телом вращения; знак квадрата обозначает, что изображенный предмет имеет форму призмы с нормальным сечением в виде квадрата; слово «сфера», написанное перед значком диаметра говорит о том, что поверхность сферическая; символ "S" (толщина) перед размерным числом заменяет вторую проекцию детали, имеющую форму параллелепипеда и т.д.

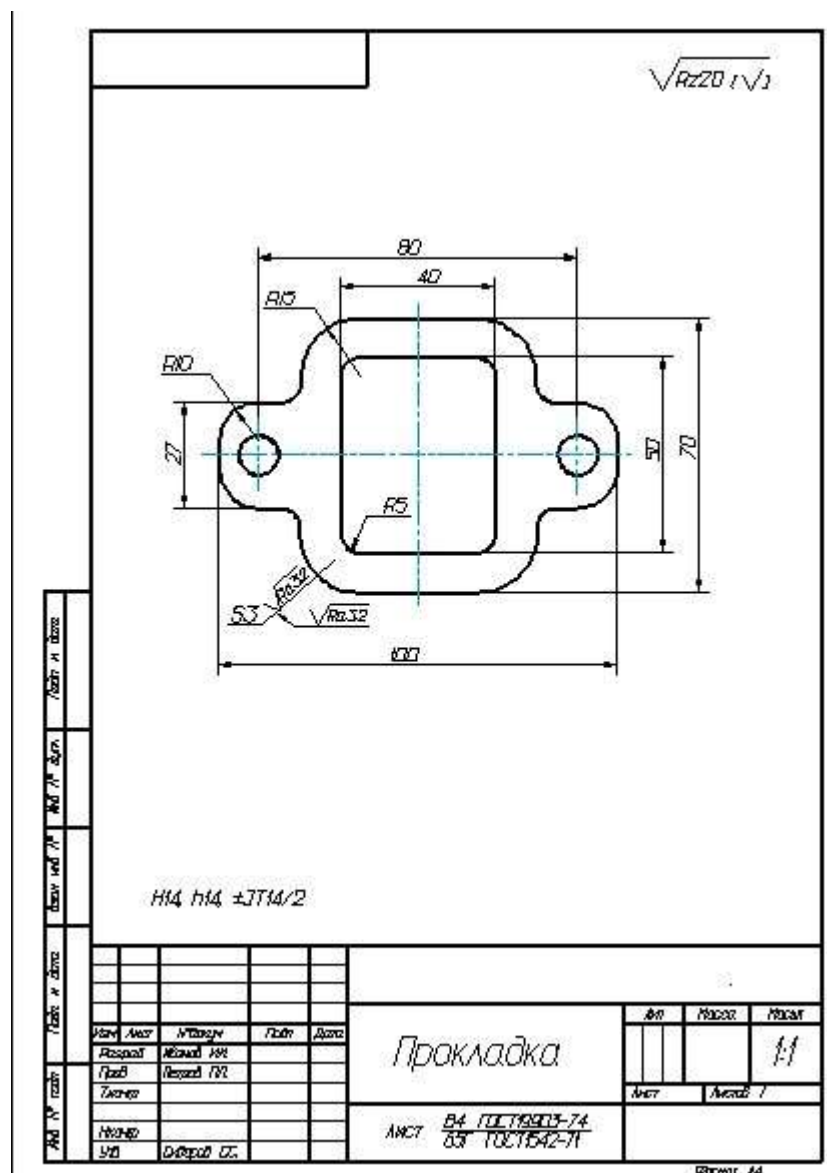


Рис.37 Пример изображения изделия из листового материала

После анализа формы детали, можно определить, какие изображения необходимы для исчерпывающей передачи внешних и внутренних форм этой детали. Для большинства деталей машин и механизмов достаточно выполнить 3 изображения, учитывая, что для изображения невидимых контуров изделия можно пользоваться штриховыми линиями, можно совмещать части видов с частями соответствующих разрезов, применять сложные разрезы и т.п. Ниже, на рисунках 38 и 39, приведены примеры изображения деталей с необходимым количеством видов, разрезов и сечений на чертеже.

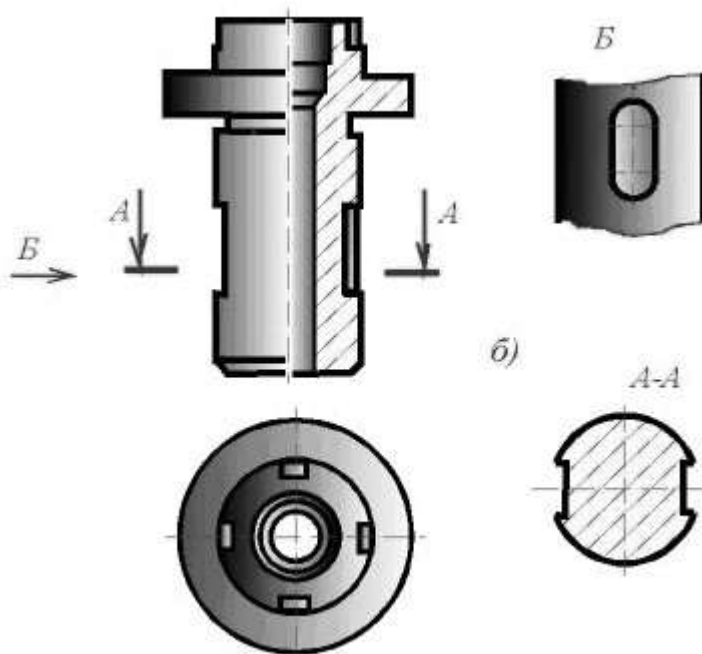


Рис.38 Пример 1 изображения деталей с необходимым количеством видов, разрезом и сечений на чертеже

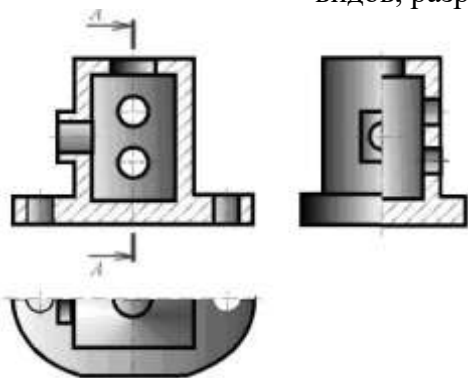


Рис.39 Пример 2 изображения деталей с необходимым количеством видов, разрезом и сечений на чертеже

Сборочный чертеж

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 сборочный чертеж – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля.

Требования к сборочному чертежу

Правила выполнения и оформления сборочных чертежей установлены ГОСТ 2.109-73.

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и осуществление сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры, предельные отклонения, другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подборка деталей, их при-

гонка и т.п.), а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и т.д.);

- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия; установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

Последовательность выполнения сборочного чертежа

1. Ознакомиться с устройством, работой и порядком сборки сборочной единицы. Прочитать рабочие чертежи всех деталей, входящих в сборочную единицу, т.е. мысленно представить форму и размеры каждой из них, ее место в сборочной единице, взаимодействие с другими деталями.

2. Выбрать необходимое количество изображений так, чтобы на сборочном чертеже была полностью понятна конструкция изделия и взаимодействие ее составных частей.

Общее количество всех изображений сборочной единицы на сборочном чертеже должно быть всегда наименьшим, а в совокупности со спецификацией – достаточным для выполнения всех необходимых сборочных операций, совместной обработки (пригонки, регулирования составных частей) и контроля.

Главное изображение сборочной единицы должно давать наибольшее представление о расположении и взаимосвязи ее составных частей, соединяемых по данному сборочному чертежу.

3. Установить масштаб чертежа, формат листа, нанести рамку на поле чертежа и основную надпись.

4. Произвести компоновку изображений, для этого вычислить габаритные размеры изделия и вычертить прямоугольники со сторонами, равными соответствующим габаритным размерам изделия.

5. Вычертить контур основной детали (как правило - корпуса, основания или станины). Наметить необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения.

6. Вычертить остальные детали по размерам, взятым с рабочих чертежей деталей, в той последовательности, в которой собирают изделие.

7. Тщательно проверить выполненный чертеж, обвести его и заштриховать сечения.

8. Нанести габаритные, установочные и присоединительные размеры.

9. Нанести линии-выноски для номеров позиций.

10. Заполнить основную надпись.

11. На отдельных форматах (А4) составить спецификацию.

12. Проставить номера позиций деталей на сборочном чертеже согласно спецификации.

Пример оформления сборочного чертежа приведен на рисунке 40.

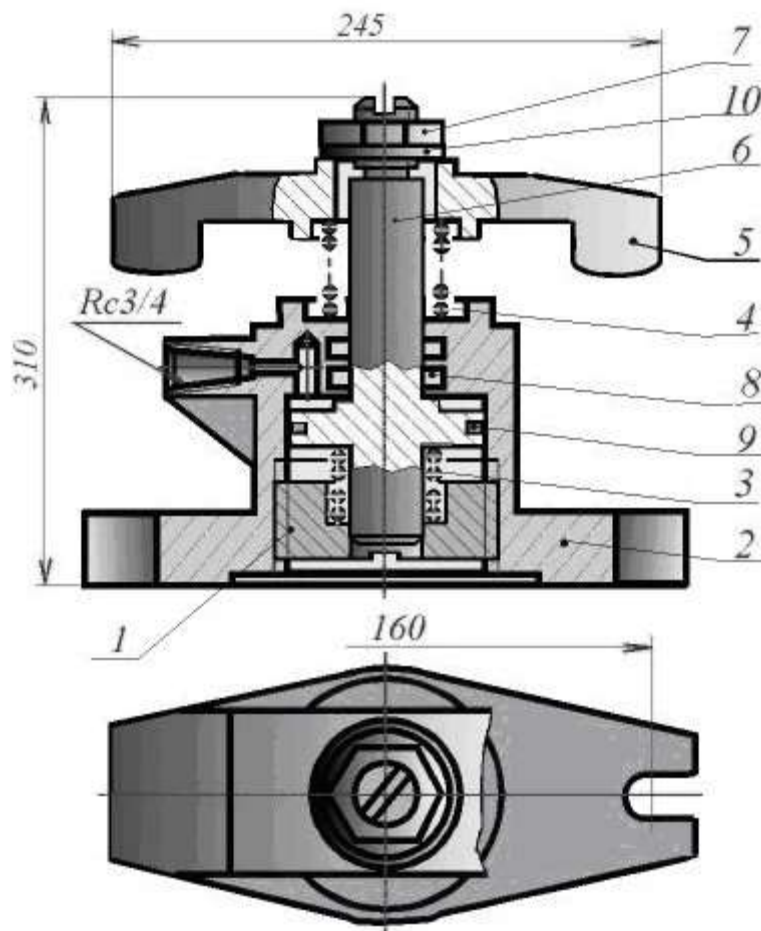


Рис.40 Прихват гидравлический (сборочный чертеж)

Спецификация

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 сборочный чертеж – это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификация относится к текстовым конструкторским документам и заполняется в соответствии с ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы».

Первый лист спецификации имеет основную надпись (ГОСТ 2.104-2006) по форме 2, а последующие листы - по форме 2а.

Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Наличие их определяется составом изделия. В спецификацию для учебных сборочных чертежей, как правило, входят следующие разделы (рисунок 189):

1. Документация;
2. Сборочные единицы;
3. Детали;
4. Стандартные изделия;
5. Материалы.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			AT-230.07.07.12.00 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A4	1		AT-230.07.07.12.01	Стакан	1	
A4	2		AT-230.07.07.12.02	Корпус	1	
A4	3		AT-230.07.07.12.03	Пружина	1	
A4	4		AT-230.07.07.12.04	Пружина	1	
A4	5		AT-230.07.07.12.05	Скоба	1	
A4	6		AT-230.07.07.12.06	Поршень	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	7			Гайка М30.5		
				ГОСТ 5915-70	1	
	8			Кольцо Н1-35х28		
				ГОСТ 9832-77	2	
	9			Кольцо Н1-80х70-1		
				ГОСТ 9832-77	1	
	10			Шайба 30.04.019		
				ГОСТ 11371-78	1	
			AT-230.07.07.12.00			
Вид	Лист	В документе	Листов	Дополн.		
Разработчик					Листов	Листов
Проверен					4	
Начальник Уста.					Предприятие	
					Прихват	
					гидравлический	

Рис.41 Пример оформления спецификации

Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается тонкой линией. Ниже каждого заголовка оставляется одна свободная строка, выше - не менее одной свободной строки.

1. В раздел «Документация» вносят конструкторские документы на сборочную единицу. В этот раздел в учебных чертежах вписывают «Сборочный чертеж».

2. В разделы «Сборочные единицы» и «Детали» вносят те составные части сборочной единицы, которые непосредственно входят в нее. В каждом из этих разделов составные части записывают по их наименованию.

3. В раздел «Стандартные изделия» записывают стандартные изделия. Запись производят в алфавитном порядке наименований изделий, в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

4. В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в сборочную единицу. Материалы записывают по видам и в последовательности, указанным в ГОСТ 2.106-96. Материалы записывают в алфавитном порядке наименований материалов.

Графы спецификации заполняют следующим образом. В графе «Формат» указывают обозначение формата. В графе «Поз.» указывают порядковый номер составной части сборочной единицы в последовательности их записи в спецификации. В разделе «Документация» графу «Поз.» не заполняют.

В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» графу «Обозначение» не заполняют. В графе «Наименование» указывают наименование со-

ставной части сборочной единицы. Все наименования пишут в именительном падеже единственного числа. Наименование деталей, как правило, однословное. Если же оно состоит из двух слов, то вначале пишут имя существительное, например: «Колесо зубчатое», «Гайка накидная». Наименование стандартных изделий должно полностью соответствовать их условным обозначениям, установленным стандартом, например:

Болт М12*1,25-8g*30.48 ГОСТ 7798-70

В графе «Кол.» указывают количество составных частей, записываемых в спецификацию (сборочных единиц, деталей) на одно изделие, в разделе «Материалы» - общее количество материалов на одно изделие с указанием единиц измерения.

Практическое занятие № 11. Чтение сборочно-сварочных чертежей

Цель работы: отработка практических навыков чтения сборочно-сварочных чертежей.

Ход работы:

Изучить правила оформления сборочно-сварочных чертежей.

Составить таблицу спецификации и технологическую карту по представленному чертежу.

Теоретический материал:

Алгоритм чтения сборочного чертежа и наглядного изображения сборочной единицы:

1. Определить название изделия.
2. Установить число наименований деталей и их количество.
3. Определить масштаб изображения.
4. Проанализировать количество и характер изображений на чертеже или на наглядном изображении сборочной единицы.
5. Определить очертание каждой детали сборочной единицы на всех изображениях чертежа.
6. Проанализировать геометрическую форму каждой детали.
7. Определить виды соединения деталей в данной сборочной единице.
8. Проанализировать и установить тип размеров.
9. Выявить условности и упрощения, использованные на сборочном чертеже или на наглядном изображении сборочной единицы.
10. Установить последовательность сборки изделия.

Сварная сборочная единица представляет собой неразъемное соединение двух или нескольких деталей, осуществленное с помощью сварки.

Соединение деталей сваркой широко применяется в самых различных отраслях машиностроения и строительства. На рис. 211 приведены типовые сварные сборочные единицы. Сварное соединение получается в процессе местного нагрева соединяемых деталей. Имеется несколько способов сварки, различающихся в основном по виду применяемых источников тепла и способу соединения деталей. В зависимости от источника тепла различают газовую и дуговую сварку.

При *газовой сварке* для концентрированного нагрева применяют горючий газ (ацетилен или другие газы, сжигаемые в кислороде); при дуговой — тепловую энергию электричества. В машиностроении находят широкое применение дуговая и контактная сварка. >Дуговая сварка — сварка плавлением, для нагрева применяется тепловая энергия электрической дуги.

Контактная сварка (точечная, шовная и др.) — сварка давлением, пластическая с применением внешних сил, сжимающих детали в свариваемых местах; где нагревания применяют электрическую энергию, превращенную в тепловую. Более подробные сведения о видах сварки, применяемой аппаратуре и технологии сварки можно получить в специальных курсах. Детали сварной сборочной единицы часто изготавливают из листового материала и различных профилей. В сварных сборочных единицах применяют литые,

штампованные и другие детали. Места соединения деталей с помощью сварки называют сварными швами. Сварные швы различаются взаимным расположением свариваемых деталей (вид соединения), подготовкой кромок, характером выполненного шва. В зависимости от толщины материала и требований к прочности и герметичности шва кромки свариваемых деталей могут быть обработаны или не обработаны, может быть сделан скос кромок (фаски) на одной или на обеих сторонах, у одной из свариваемых деталей или у обеих деталей. При сварке внахлестку применяют еще один вид подготовки деталей — отверстия в одном из свариваемых листов.

Шов может свариваться с одной стороны (односторонний) или с обеих сторон (двусторонний) непрерывной линией или с перерывами. Если двусторонний шов делают прерывистым, то проваренные участки могут располагаться в шахматном порядке (шахматный прерывистый шов) или один рядом с другим (цепной прерывистый шов).

Эти признаки отражены в стандартах на швы сварных соединений для различных видов сварки, установлены шифры швов, обозначения способов сварки. ГОСТом 2.312—72 установлены изображения и обозначения на чертежах различных сварных швов. Соединение пайкой производится при сравнительно незначительном нагреве деталей. Пайкой соединяют детали не только из однородных металлов (стали любых марок, чугун), но и разнородных, например: латуни или меди со сталью, латуни и меди между собой и др.

На сборочном чертеже указывают материал припоя; изображение и обозначение — по ГОСТ 2.313-82 (СТ СЭВ 138-81). Если на одной детали указано несколько мест пайки разными припоями, то следует обращать внимание на очередность пайки в зависимости от температуры плавления припоя. Начать пайку надо с припоя, имеющего наиболее высокую температуру плавления. Рассмотрим особенности построения чертежей сварных сборочных единиц. 1. Чертеж сварной сборочной единицы содержит минимальное, но достаточное количество изображений, по которым можно ясно понять взаимное расположение всех деталей.

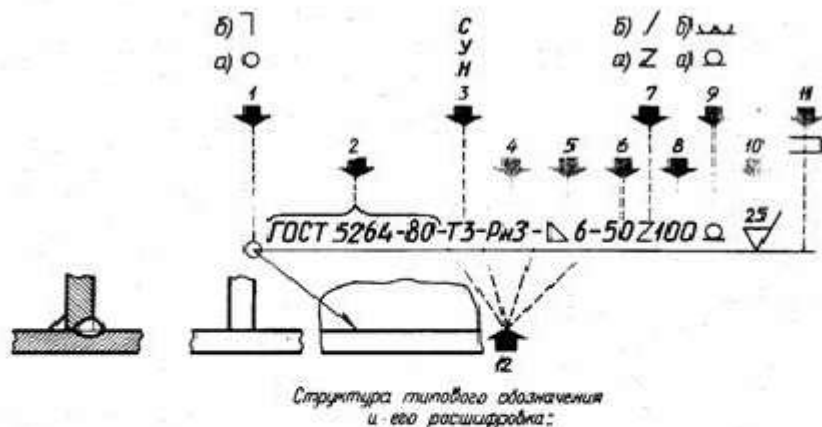


Рис. 42 Структура обозначения шва сварного соединения (сварка плавлением):
 1 — место для вспомогательного знака шва по замкнутой линии (а) или знака монтажного шва (б),
 2 — обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов, 3 — буквенно-цифровое
 обозначение шва по тому же стандарту (см. приложение 9), 4 — условное обозначение способа сварки
 по тому же стандарту (допускается не указывать), 5 — знак катета и размер катета по тому же
 стандарту, 6 — размер длины привариваемого участка (только для прерывного шва), 7 — место для
 знака, обозначающего шахматное (а) или цепное (б) расположение прерывистых швов, 8 — размер
 шага, 9 — место для знака, обозначающего, что усиление шва снять (а) или обработать наплывы
 и неровности шва с плавным переходом к основному металлу (б), 10 — обозначение шероховатости
 поверхности шва (для обрабатываемых швов), 11 — место для вспомогательного знака или швов
 по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа и когда отсут-
 ствует знак для швов по замкнутой линии), 12 — знак «дефис».

Кроме того, чертеж сварной сборочной единицы может иметь дополни-
 тельные изображения в виде сечений, на которых указывают радиусы сгиба,
 размеры деталей после гибки, развертки деталей для уточнения формы неяс-
 ных элементов, т. е. в

се данные, пользуясь которыми можно изготовить из листового мате-
 риала как плоские, так и детали, изготавливаемые гибкой, не имея для них от-
 отдельных чертежей. Простановку размеров и знаков шероховатости поверхно-
 стей выполняют так же, как и на чертежах деталей. На детали сложной фор-
 мы, полученные из листового материала путем штамповки с вытяжкой, а
 также литые, точеные, фрезерованные и др. составляют отдельные чертежи.

2. Места соединений деталей — сварные швы — изображаются и обо-
 значаются условно согласно ГОСТ 2.312—72. По этим обозначениям на чер-
 тежах из соответствующих стандартов (см. прилагаемый перечень) можно
 установить все элементы швов для проведения сварочных работ.

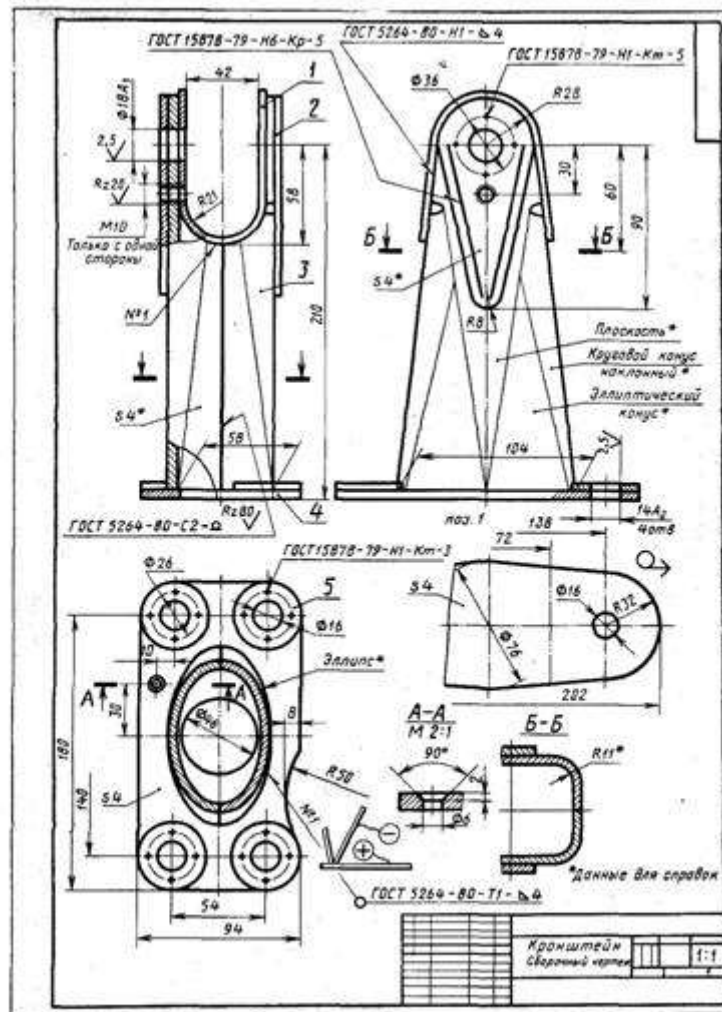
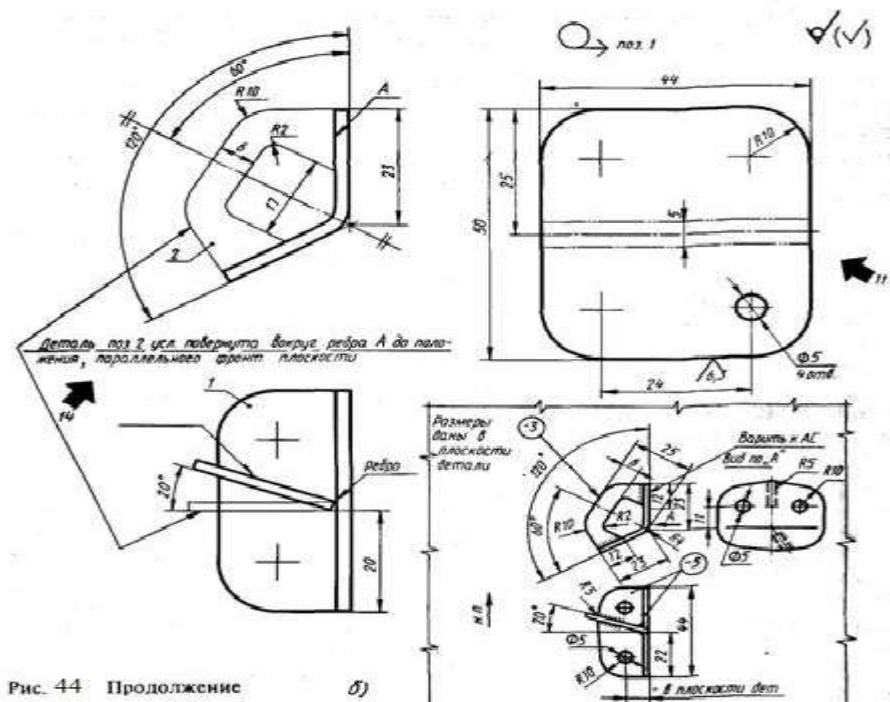


Рис. 43 Чертеж сборочной единицы с различными типами сварных швов и видами сварки

Общая структура обозначения швов сварных соединений, выполняемых сваркой плавлением, показана на рис. 42. Независимо от способа сварки видимый шов сварного соединения изображают сплошной основной линией (в том числе шов, выполняемый контактной шовной сваркой), невидимый — штриховой линией; видимую сварную точку — знаком «крест» (выполняется сплошными основными линиями длиной 5—10 мм); невидимую не изображают.



От изображения шва (или точки), предпочтительно видимого, проводят линию-выноску, за канчивающуюся односторонней стрелкой, а на полке предоставляют обозначение сварного шва соединения.

3. При изображении в разрезе отдельной сварной сборочной единицы штриховку его деталей в плоскости разреза выполняют в разных направлениях (встречная или со сдвигом). Сварную сборочную единицу, изображенную в сборе с другими сборочными единицами или деталями, штрихуют как целую (монокристаллическую) деталь, при этом швы не показывают, а линии, разделяющие детали между собой, сохраняют.

На рис. 43 показан чертеж кронштейна как пример более сложного чертежа сварной сборочной единицы. Кронштейн образован из деталей плоских и штампованных, изготавливаемых гибкой, а соединения выполнены с помощью различных видов сварки, содержит различные типы швов, а поэтому и изображения, и обозначения их различаются. В поперечном сечении сварочный шов не изображают. Отметим, что у деталей толщиной до 2 мм подготовки кромок обычно не требуется.

Рассмотренный чертеж значительно отличается от встречающихся ранее оформлением. На нем дана развертка с размерами для уточнения формы элемента детали—поз. 1, полностью отображены форма и размеры всех деталей. По такому чертежу на производстве делают шаблоны для изготовления самих деталей. На сложную листовую деталь должен быть составлен отдельный чертеж. В Советском Союзе разработаны и внедрены новые методы сварки, например, диффузионная, открывающая широкие возможности для автоматизации процессов, сварки деталей из разнородных материалов, упрочнения силовых конструкций, и ряд других (термитная, лазерная, взрывом, трением, плазменная, электронно-лучевая, индукционная, газопрессовая, холодная, ультразвуковая, электрошлаковая, под флюсом и др.).

Практическое занятие № 12. Подбор типа и марки электродов

Цель работы: практическая отработка навыков выбора типа и марки электродов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Выбрать тип и марку электродов в зависимости от химического состава основного металла.

Теоретический материал:

Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Получение металла шва, равнопрочного основному, обеспечивается выбором типа сварочного электрода, который регламентирует прочностные характеристики сварного соединения. Следует учитывать, что применение электродов с повышенными механическими свойствами наплавленного металла, например, по пределу прочности при растяжении, может привести к снижению работоспособности сварной конструкции.

Для сварки кипящих сталей (низкоуглеродистая сталь, выпускаемая из печи слабораскисленной) используют электроды с любым покрытием.

Для сварки полуспокойных сталей (сталь, полученная при раскислении жидкого металла менее полно, чем при выплавке спокойной стали, но больше, чем при выплавке кипящей стали) при больших толщинах следует применять электроды с покрытиями основного или рутилового видов.

Сварка конструкций из спокойной стали, работающих при низких температурах или при динамических нагрузках, должна выполняться электродами с основным покрытием.

Стабильность горения дуги влияет на качество швов и на возможность сварки переменным током. Наиболее стабильно дуга горит у электродов с целлюлозным, кислым и рутиловым покрытиями. Это позволяет использовать сварочные трансформаторы. Для электродов с основным покрытием требуются только источники постоянного тока.

В нижнем, вертикальном и потолочном положениях шов лучше формируется у электродов с целлюлозным покрытием, так как мелкокапельный перенос электродного металла и высокая вязкость шлака обеспечивают качественное ведение сварки. Хуже формируется шов у электродов с основным покрытием.

При сварке толстостенных конструкций многослойными швами отделяемость шлака является существенным показателем. Электроды с рутиловым, целлюлозным и кислым покрытиями обеспечивают лучшую отделяемость шлака по сравнению с основным покрытием.

Сварка электродами с основным покрытием требует тщательной очистки кромок от ржавчины, масла, грязи во избежание порообразования. Кроме того, электроды с основным покрытием склонны к порообразованию в начальный момент сварки и при сварке длинной дугой.

Таблица 3. Характеристики электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей.

Тип Э42 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 412 МПа (42 кгс/мм ²)				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, поляр-ность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
Огонек Для изделий из стали толщиной 1-3 мм. Сварку можно выполнять способом "сверху-вниз".	Р	~, =(+)	6,5	
АНО-6 Сварка короткой или средней дугой. Допускается по незачищенным кромкам. При сварке угловых швов электрод наклонять под углом 40-50° в направлении сварки. Имеет высокую стойкость против образования пор и горячих трещин. U _{хх} ≥50В.	АР	~, =(+,-)	9,0	
АНО-6М Сварка короткой или средней дугой. Легко отделяется шлак. Минимальное разбрызгивание. Малая склонность к образованию пор и горячих трещин. U _{хх} ≥50В.	АР	~, =(+,-)	8,5	
АНО-17 Высокопроизводительные. Для сварки металла большой толщины длинными швами. Малая чувствительность к порообразованию при сварке по окисленной поверхности. U _{хх} ≥50В.	АРЖ	~, =(+,-)	11,0	
ВСЦ-4 Сварка трубопроводов без колебаний электрода опиранием на кромки "сверху-вниз". Корень шва - на постоянном токе любой полярности, "горячий" проход - на обратной полярности. Оставлять огарок не менее 50 мм.	Ц	=(+)	10,0	
ВСЦ-4М Сварка корневого шва и "горячего" прохода стыков трубопроводов. Позволяют вести сварку способом "сверху-вниз" опиранием электрода. Обеспечивают стойкость против образования пор.	Ц	=(+,-)	9,0	
ОЗС-23 Для сварки конструкций малой толщины по окисленной поверхности. Малая чувствительность к порообразованию. Низкая токсичность. U _{хх} ≥50В.	Р	~, =(+)	8,5	
ОМА-2 Для сварки ответственных металлоконструкций малой толщины (0,8- 3,0 мм). Сварка удлиненной дугой по окисленной поверхности. Электроды с малой проплавающей способностью. U _{хх} ≥60В.	АЦ	~, =(+)	10,0	
Тип Э42А Стали с пределом прочности при растяжении до 412 МПа (42 кгс/мм ²) с высокими требованиями к шву по пластичности и ударной вязкости.				
УОНИ-13/45 Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	10,0	
УОНИ-13/45А Для сварки ответственных конструкций из сталей типа СХЛ-4, МС-1, СтЗсп и им подобных. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	10,0	
УОНИИ-13/45 Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка предельно короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	10,0	

УОНИИ-13/45А	Б	=(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка предельно короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИИ-13/45Р	Б	=(+)	9,5	
Для сварки судостроительных сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Высокая стойкость металла шва к образованию горячих трещин.				
Тип Э46 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 451 МПа (46 кгс/мм ²)				
АНО-4	Р	~, =(+, -)	8,7	
Для сварки простых и ответственных конструкций всех групп и степеней раскисления. Сварка дугой средней длины. Допускается по незачищенным кромкам. Не склонны к порообразованию при повышенной величине тока. $U_{xx} \geq 50В$.				
АНО-13	РЦ	~, =(+, -)	8,5	
Для вертикальных угловых, нахлесточных и стыковых швов способом "сверху - вниз". Сварка короткой или средней дугой. Можно по незачищенным кромкам. Металл шва стоек к образованию горячих трещин. Покрытие гигроскопично. $U_{xx} \geq 50В$.				
АНО-21	Р	~, =(+, -)	8,5	
Для простых и ответственных конструкций из углеродистых сталей всех групп и степеней раскисления. Сварка удлиненной дугой по незачищенным кромкам. $U_{xx} \geq 50В$.				
АНО-24	АР	~, =(+, -)	8,5	
Для сварки в монтажных условиях. Сварка удлиненной дугой по незачищенным кромкам. Малая склонность к образованию подрезов. $U_{xx} \geq 50В$.				
АНО-34	Р	~, =(+, -)	8,5	
В нижнем положении электрод отклонять на 20-40° от вертикали в направлении сварки. Сварка возможна удлиненной дугой по окисленной поверхности. $U_{xx} \geq 50В$.				
ЭЛЗ-С-1	Р	~, =(+)	9,5	
Для сварки низкоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при растяжении до 490 МПа. $U_{xx} \geq 50В$.				
МР-3	РБ	~, =(+)	8,5	
Для ответственных конструкции. Сварка короткой или средней дугой. Поверхности тщательно зачистить от окалины. Хорошо перекрываются зазоры. При сварке на повышенных токах возможны поры. $U_{xx} \geq 60В$.				
МР-3М	РБ	~, =(+, -)	8,5	
Для сталей с содержанием углерода до 0,25%. Возможна сварка влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокопроизводительны. Сварка средних и больших толщин ведется на повышенных режимах "углом назад". $U_{xx} \geq 60В$.				
ОЗС-3	АРЖ	~, =(+)	15,0	
Для сварки ответственных деталей. Сварка короткой дугой. Допускается сварка по незачищенным поверхностям. $U_{xx} \geq 60В$.				
ОЗС-4	Р	~, =(-)	9,0	
Для высокопроизводительной сварки ответственных деталей. Допускается сварка удлиненной дугой и по незачищенным поверхностям. $U_{xx} \geq 60В$.				
ОЗС-4И	АР	~, =(+, -)	8,5	
Для ответственных конструкций. Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокая производительность. Сварка в нижнем положении при средних и больших толщинах "углом назад". Средняя длина дуги. $U_{xx} \geq 60В$.				

ОЗС-6 Для высокопроизводительной сварки. Допускается сварка удлиненной дугой, возможна и по окисленной поверхности. $U_{xx} \geq 50B$.	РЖ	$\sim, =(+)$	11,0	
ОЗС-12 Рекомендуется для тавровых соединений с получением мелкочешуйчатых вогнутых швов. Легко отделяется шлак. Сварка удлиненной дугой и по окисленной поверхности. $U_{xx} \geq 50B$.	Р	$\sim, =(-)$	8,5	
Тип Э46А Для сталей с пределом прочности при растяжении 451 МПа (46 кгс/мм ²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости.				
ТМУ-46 Для ответственных конструкций, в том числе трубопроводов. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. $U_{xx} \geq 65B$.	Б	$\sim, =(+)$	9,0	
УОНИ-13/55К Для ответственных конструкций, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Металл шва обладает высокой стойкостью к образованию горячих трещин и характеризуется низким содержанием водорода.	Б	$\sim, =(+)$	10,0	
АНО-8 Для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при пониженных температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	$\sim, =(+)$	10,0	
Тип Э50 Для сталей с пределом прочности при растяжении 490 МПа (50 кгс/мм ²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости.				
ВСЦ-4А Высокопроизводительная сварка корневого шва и "горячего" прохода стыков трубопроводов и ответственных конструкций. Сварка корневого шва без колебаний, опиранием, на постоянном токе любой полярности. "Горячий" проход - после зачистки корневого шва. Оба слоя сваривать "сверху-вниз". Оставлять огарок не менее 50 мм.	Ц	$\sim, =(+)$	11,0	
55-У Сварка короткой дугой или опиранием по тщательно зачищенным кромкам. $U_{xx} \geq 65B$.	Б	$\sim, =(+, -)$	8,5	
Тип Э50А Для сталей с пределом прочности при растяжении 490 МПа (50 кгс/мм ²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости.				
АНО-27 Для сварки ответственных конструкций при температуре до -40°C. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенной поверхности. Обеспечивают пониженное содержание водорода в швах.	БЖ	$\sim, =(+)$	10,5	
АНО-Т Для сварки ответственных конструкций и трубопроводов во всех климатических зонах. Сварка корневого шва без подкладных колец. Формирование обратного валика в потолочном положении.	Б	$\sim, =(+)$	10,0	
АНО-ТМ/Н Для поворотных стыков нефте- и газопроводов диаметром 59-1420 мм и других ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Эффективны для односторонней сварки. $U_{xx} \geq 65B$.	Б	$\sim, =(+)$	10,5	
АНО-ТМ Для ответственных конструкций, в том числе трубопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Качественно формируется обратный валик высотой 0,5-3 мм.	Б	$\sim, =(+)$	10,5	

ИТС-4	Б	=(+)	10,0	
Для судокорпусных сталей СтЗсп, 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 10Г2С1Д-35, 10Г2С1Д-40 и т.д. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Обеспечивают высокую коррозионную стойкость.				
ИТС-4С	Б	~, =(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций в судостроении; стали СХЛ-4, 09Г2 и др. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. U _{xx} ≥65В.				
ОЗС-18	Б	=(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций из сталей 10ХСНД, 10ХНДП и др. толщиной до 15 мм, стойких против атмосферной коррозии, с низким содержанием водорода.				
ОЗС-25	Б	=(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Хорошая отделяемость шлака. Отсутствие подрезов и мелкочешуйчатость шва.				
ОЗС/ВНИИСТ-26	Б	=(+)	9,4	
Для трубопроводов нефти и газа, загрязненных сероводородом. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Высокая коррозионная стойкость в среде увлажненного до 25% сероводорода.				
ОЗС-28	РБ	~, =(+)	9,5	
Для ответственных конструкций из сталей 09Г2, 10ХСНД и др. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. U _{xx} ≥60В.				
ОЗС-33	Б	~, =(+, -)	9,5	
Для особо ответственных конструкций. Обеспечивают металл шва с высокой стойкостью к образованию горячих трещин и низким содержанием водорода. Сварка короткой или предельно короткой дугой по зачищенным кромкам.				
ТМУ-21У	Б	=(+)	9,5	
Для сталей типа 15ГС и др.; для энергетического оборудования. Для труб с толщиной стенки более 16 мм. Сварка в узкую разделку с общим углом скоса кромок до 15°. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Легкое зажигание дуги без "стартовой" пористости.				
ТМУ-50	Б	~, =(+)	9,0	
Для ответственных конструкций и трубопроводов. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. U _{xx} ≥65В.				
УОНИ-13/55	Б	=(+)	9,5	
Для ответственных конструкций, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек против образования горячих трещин, имеет низкое содержание водорода.				
УОНИ-13/55С	Б	~, =(+)	9,5	
Для особо ответственных конструкций. Обеспечивают металл шва высокой стойкостью к образованию горячих трещин. Низкое содержание водорода. Сварка только короткой дугой по зачищенным кромкам.				
УОНИ-13/55ТЖ	БЖ	~, =(+)	9,5	
Для особо ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Металл шва хорошо противостоит образованию горячих трещин. Низкое содержание водорода. Сварка только короткой дугой по зачищенным кромкам.				
УОНИИ-13/55Р	Б	~, =(+)	9,5	
Для судостроительных сталей с пределом прочности до 490-660 МПа. Сварка короткой дугой или опиранием по тщательно зачищенным кромкам.				

ЦУ-5 Для трубных деталей и теплообменников котлоагрегатов, работающих при температурах до 400°C. Пониженная склонность к порообразованию. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	
ЦУ-7 Для ответственных конструкций, работающих при температурах до 400°C. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,0	
ЦУ-8 Для ответственных конструкций, работающих при температурах до 400°C при малой толщине металла и для сварки труб малых диаметров. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	
Э-138/50Н Для тяжело нагруженных швов подводной части судов. Для сталей Ст3С, Ст4С, 09Г2, СХЛ-1, СХЛ-45, МС-1 и др. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек против коррозии в морской воде.	Б	=(+)	9,0	
Тип Э55 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 539 МПа (55 кгс/мм ²)				
ОЗС/ВНИИСТ-27 Для трубопроводов и конструкций из хладостойких низколегированных сталей, работающих при температурах до -60°C. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Корневые швы - на постоянном токе прямой полярности.	Б	=(+)	9,5	
УОНИ-13/55У Для сварки арматуры и рельсов ванным способом, для ответственных конструкций ручной дуговой сваркой. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. При ванном способе значения тока увеличивают в 1,3-1,7 раза. Перерывы во время сварки недопустимы. U _{хх} ≥65В.	Б	~, =(+)	9,5	
Тип Э60 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 588 МПа (60 кгс/мм ²)				
АНО-ТМ60 Для стыковых соединений труб и других ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Формирование корневого шва без подкладных элементов и подварки с плавным переходом к основному металлу.	Б	~, =(+)	10,5	
ВСФ-65 Для ответственных конструкций, в том числе магистральных трубопроводов. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	
ОЗС-24М Для конструкций и трубопроводов из сталей 06Г2НАБ, 12Г2АФЮ, 10ГНМАЮ и др., работающих при температурах до -70°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Металл шва характеризуется высокой хладостойкостью.	Б	=(+)	9,5	
УОНИ-13/65 Для ответственных конструкций из углеродистых низколегированных хромистых, хромомолибденовых, хромокремнемарганцевых сталей, работающих при низких температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Высокая стойкость металла шва к горячим трещинам. Низкое содержание водорода.	Б	=(+)	9,0	

Таблица 4. Характеристики электродов для сварки легированных сталей повышенной прочности.

Тип Э70 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 686 МПа (70 кгс/мм ²)				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А·ч	Поло-жение швов
АНО-ТМ70 Для сварки ответственных конструкций и трубопроводов без подкладных элементов и подварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. $U_{xx} \geq 65V$.	Б	~, =(+)	10,5	
АНП-1 Для сварки ответственных конструкции из сталей 14ХГ2МР, 14ХМНДФР и др., деталей транспортных и дорожных машин, работающих при низких температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,0	
АНП-2 Для сварки ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,0	
ВСФ-75 Для трубопроводов и ответственных конструкций при сварке заполняющих и облицовочных слоев. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	
Тип Э85 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 833 МПа (85 кгс/мм ²)				
НИАТ-3М Для сварки ответственных конструкций из термически упрочняемых сталей. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	10,0	
УОНИ-13/85 Для ответственных конструкций из термически упрочняемых сталей до высокого предела прочности: 30ХГСА, 30ХГСНА и др. Сварка только короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек к горячим трещинам. Низкое содержание водорода.	Б	=(+)	8,5	
УОНИ-13/85У Для арматуры и рельсов ванным способом и ручной дуговой сварки конструкций из высокопрочных сталей, работающих при тяжелых нагрузках. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. При ванном способе использовать остающиеся или удаляемые формы.	Б	~, =(+)	9,5	
Тип Э100 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 980 МПа (100 кгс/мм ²)				
АН-ХН7 Сборка без зазоров. Сварка короткой и средней дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,6	
ВИ-10-6 Сборка без зазоров. Сварка короткой или средней дугой по тщательно зачищенным кромкам петлеобразными движениями электрода. При быстром охлаждении возможны трещины в кратерах.	Б	=(+)	8,0	
ОЗШ-1 Сварка короткой дугой непрерывно, не допуская охлаждения, по тщательно зачищенным кромкам. Предварительный подогрев до 400-450°С. Можно использовать для наплавки штампов.	Б	=(+)	9,0	

Таблица 5. Характеристики электродов для сварки легированных сталей высокой прочности.

Тип Э125 Для сталей с пределом прочности при растяжении свыше 980 МПа (100 кгс/мм ²)				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, по-лярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
НИИ-3М Для сталей 30ХГСНА, 30ХГСН2А и др., термически обрабатываемых на прочность до 1274 МПа (130 кгс/мм ²). Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	
Тип Э150 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 1470 МПа (150 кгс/мм ²)				
НИАТ-3 Для высокопрочных сталей типа 30ХГСНА с пределом прочности до 1470 МПа (150 кгс/мм ²)	Б	=(+)	10,0	

Электроды для наплавки

Наплавочные электроды обеспечивают получение наплавленного металла разнообразного по химическому составу, структуре и свойствам. По ГОСТ 10051-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами" существует 44 типа таких электродов.

Все они имеют основное покрытие. Это обеспечивает лучшую сопротивляемость образованию трещин при наплавке деталей из стали с повышенным содержанием углерода и при высокой жёсткости конструкции.

В зависимости от условий работы конструкций с наплавленными покрытиями, электроды для наплавки могут быть условно разделены на 6 групп.

Таблица 6. Характеристики электродов для наплавки.

Первая группа Электроды для наплавки, обеспечивающие получение низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок (по назначению к этой группе относятся некоторые марки электродов 3-ей группы).				
Марка электрода /тип металла, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ОЗН-300М /11ГЗС Для деталей из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях трения и ударных нагрузок, например: валы, оси, автосцепки, крестовины и др. детали автомобильного и ж/д транспорта.	Б	~, =(+)	10,5	
ОЗН-400М /15Г4С То же, с увеличенной твердостью наплавленного металла.	Б	~, =(+)	10,5	
НР-70 /Э-30Г2ХМ Для деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок и трения по металлу: рельсы, крестовины и другое.	Б	=(+)	9,0	

ЦНИИН-4 /Э-65Х25Г13НЗ	Б	=(+)	10,5	
Для заварки дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л.				
Вторая группа Электроды, обеспечивающие получение среднеуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок при нормальной и повышенной температурах (до 600-650°C).				
ЭН-60М /Э-70Х3СМТ	Б	=(+)	8,5	
Для штампов всех типов, работающих с нагревом контактных поверхностей до 400°C, и быстроизнашивающихся деталей в станочном оборудовании: шестерни, эксцентрики, направляющие и др.				
ЦН-14	Б	=(+)	12,0	
Для оборудования горячей штамповки и резки, в том числе ножей, ножниц, штампов и др.				
13КН/ЛИВТ /Э-80Х4С	Б	~, =(+)	6,5	
Для зубьев ковшей экскаваторов, черпаков, земснарядов, ножей дорожных машин, работающих при абразивном износе без значительных ударов и давлений.				
ОЗШ-3 /Э-37Х9С2	Б	=(+)	9,5	
Для обрезных и вырубных штампов холодной и горячей штамповки (до 650°C) и быстроизнашивающихся деталей машин и оборудования.				
ОЗИ-3 /Э-90Х4М4ВФ	Б	=(+)	9,5	
Для штампов холодного и горячего (до 650°C) деформирования металлов, а также для быстроизнашивающихся деталей горнометаллургического и станочного оборудования.				
Третья группа Электроды, обеспечивающие получение углеродистого, легированного (или высоколегированного) наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок.				
ОЗН-6 /90Х4Г2СЗР	Б	=(+)	11,0	
Для быстроизнашивающихся деталей горно-добывающих, строительных машин и др., работающих при интенсивном абразивном износе и значительных ударных нагрузках.				
ОЗН-7 /75Х5Г4СЗРФ	Б	=(+)	12,0	
Для быстроизнашивающихся деталей преимущественно из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л, работающих при интенсивном износе и при значительных ударных нагрузках.				
ВСН-6 /Э-110Х14В13Ф2	П	=(+)	9,5	
Для быстроизнашивающихся деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей при значительных ударных нагрузках в условиях абразивного износа.				
Т-590 /Э-320Х25С2ГР		П ~, =(+)	9,0	
Для деталей, работающих в условиях абразивного износа при умеренных ударных нагрузках.				
Четвертая группа Электроды, обеспечивающие получение углеродистого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях больших давлений и высоких температур (до 680-850°C).				
ОЗШ-6 /10Х33Н11МЗСТ	Б	=(+)	13,0	
Для бойков радиально-ковочных машин, штампов холодного и горячего (до 800-850°C) деформирования металлов, ножей горячей резки металла, быстроизнашивающихся деталей оборудования, работающих в тяжелых термодеформационных условиях.				
УОНИ-13/Н1-БК /Э-09Х31Н8АМ2	Б	=(+)	10,5	

Для уплотнительных поверхностей арматуры, работающих в контакте со средами высокой агрессивности.			
ОЗИ-5 /Э-10К18В11М10Х3СФ	П	=(+) 10,5	
Для металлорежущего инструмента, штампов горячей (до 800-850°С) штамповки и деталей, работающих в особо тяжелых температурно-силовых условиях.			
Пятая группа Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного аустенитно-гонаплавленного металла с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания и трения металла о металл при повышенных температурах (до 570-600°С).			
ЦН-6Л /Э-08Х17Н8С6Г	Б	=(+) 14,0	
Для уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температуре до 570°С и давлении до 7800 МПа (780 кг/мм ²).			
Шестая группа Электроды, обеспечивающие получение дисперсноупрочняемого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в тяжелых температурно-деформационных условиях (до 950-1100°С).			
ОЗШ-6 /10Х33Н11М3СГ	Б	=(+) 8,5	
Для кузнечно-штамповой оснастки холодного и горячего деформирования металлов, деталей металлургического и станочного оборудования, работающих в тяжелых условиях термической усталости (до 950°С) и больших давлений.			
ОЗШ-8 /11Х31Н11ГСМЗЮФ	Б	=(+) 14,0	
Для кузнечно-штамповой оснастки горячего деформирования металла, работающего в сверхтяжелых условиях термической усталости (до 1100°С) и больших давлений.			

Электроды для сварки и наплавки чугуна

Такие электроды предназначены для устранения дефектов в чугунных отливках и для восстановления поврежденных и изношенных деталей. Их можно применять и для изготовления сварно-литых конструкций. Электроды для холодной сварки и наплавки чугуна без предварительного подогрева дают наплавленный металл в виде стали, сплавов на основе меди, никеля и железоникелевого сплава. Это марки ЦЧ-4, ОЗЧ-2, ОЗЧ-6 и др. Иногда целесообразно использовать электроды иного назначения. Так, при ремонте чугунных тюбингов в условиях большой загрязненности и высокой влажности лучше брать марку ОЗЛ-25Б. Первые слои на загрязненных чугунах можно выполнять марками ОЗЛ-27 и ОЗЛ-28. Успешно применяют и марку ОЗБ-2М, предназначенную для сварки бронз.

Таблица 7. Характеристики электродов для сварки и наплавки чугуна

Марка электрода /основной металл шва, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, по-лярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ЦЧ-4 /FeV Для сварки и заварки дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугуна. Сварка серого и высокопрочного чугунов.	Б	=(+)	10,0	
ОЗЧ-2 /Cu Для сварки, наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов.	АЖ	=(+)	13,5	

ОЗЧ-6 /Cu	Б	=(+)	15,5	
Для сварки тонкостенных деталей из серого и ковкого чугунов.				

МНЧ-2 /NiCu Для сварки, наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов.	П	=(+)	11,5	
ОЗЧ-3 /Ni Для сварки и заварки дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов, когда к соединениям предъявляются повышенные требования по чистоте обработки поверхности.	Б	=(+)	11,0	
ОЗЧ-4 /Ni Для сварки и наплавки деталей из серого и высокопрочного чугунов. Предпочтительны для последних слоев, работающих на истирание или при ударных нагрузках.	Б	=(+)	11,5	

Электроды для сварки цветных металлов

Предназначены для сварки алюминия, меди, никеля и их сплавов. Титан и его сплавы ручной дуговой сваркой покрытым электродом не сваривают из-за интенсивной окисляемости.

Электроды для сварки алюминия. Основная трудность при сварке алюминия и его сплавов - наличие окисной пленки. Температура её плавления 2060°C, тогда как температура плавления алюминия 660°C. Плотная тугоплавкая пленка может нарушить стабильность процесса сварки и таким образом повлиять на качество формирования шва, вызвав появление внутренних дефектов в наплавленном металле. Для удаления окисной пленки в состав покрытия электродов вводят хлористые и фтористые соли щелочных и щелочно-земельных металлов. Эти вещества и обеспечивают качественную сварку.

Таблица 8. Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов

Марка электрода /основной металл шва, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ОЗА-1 /Al Для деталей и конструкций из технически чистого алюминия А0, А1, А2, А3. Сварка с предварительным подогревом до 250-400°C по зачищенным кромкам. Шлак удалять горячей водой и щетками.	Псол.	=(+)	6,5	
ОЗА-2 /Al Для заварки литевого брака и наплавки деталей из алюминиево-кремнистых сплавов АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. Сварка с предварительным подогревом до 250-400°C по зачищенным кромкам. Шлак удалять горячей водой и стальными щетками.	Псол.	=(+)	6,5	
ОЗАНА-1 /Al Для деталей и конструкций из технически чистого алюминия. Сварка изделий толщиной более 10 мм с предварительным подогревом до 250-400°C по зачищенным кромкам.	Псол.	=(+)	8,0	
ОЗАНА-2 /Al Для заварки литевого брака и наплавки деталей из алюминиево-кремнистых сплавов АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. Сварка деталей толщиной до 10 мм без подогрева, при больших толщинах - с подогревом до 200°C по зачищенным кромкам.	Псол.	=(+)	8,0	

Электроды для сварки меди и ее сплавов. При сварке меди основная проблема - образование пор в металле шва из-за высокой ее активности при взаимодействии с газами, особенно с кислородом и водородом. Чтобы этого избежать, применяют только хорошо раскисленную медь и тщательно прокаленные электроды. Сварку выполняют по зачищенным до металлического блеска кромкам.

Сварка латуней сложна и опасна для здоровья из-за интенсивного выгорания цинка.

Сварка бронз доставляет трудности ввиду высокой хрупкости и недостаточной прочности в нагретом состоянии.

Таблица 9. Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов

Марка электрода /основной металл шва, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, по-лярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
Комсомолец-100 /Cu Для сварки и наплавки изделий из технической чистой меди М1, М2, М3. Возможна сварка меди со сталью. Сварка с предварительным местным подогревом до 300-700°C.	Пспец.	=(+)	14,0	
АНЦ/ОЗМ-2 /Cu Для сварки и наплавки изделий из технической чистой меди с содержанием кислорода не более 0,01%. Сварка при толщине более 10 мм с предварительным подогревом до 150-350°C.	Пспец.	=(+)	17,5	
АНЦ/ОЗМ-3 /Cu Для сварки и наплавки технической чистой меди (кислорода не более 0,01%). Возможна сварка со сталью. Сварка при толщине до 10 мм короткой дугой без подогрева и без разделки кромок одно- или двусторонним швом с небольшими колебаниями электрода.	Пспец.	=(+)	16,5	
ОЗБ-2М /CuSn Для сварки и наплавки бронз, заварки дефектов бронзового и чугунного литья. Возможна сварка и наплавка латуней.	Б	=(+)	14,0	
ОЗБ-3 /Cu Для наплавки при изготовлении и восстановлении электродов машин контактной точечной сварки, в том числе для сварки стержневой арматуры.	Пспец.	=(+)	12,5	

Электроды для сварки никеля и его сплавов. Сварка никеля и его сплавов затруднена из-за большой чувствительности к растворенным в сварочной ванне газам: азоту, кислороду и водороду, что вызывает образование горячих трещин и пор. Для предупреждения появления этих дефектов необходимо применять основной металл и сварочные электроды высокой чистоты и качественно их подготавливать.

Таблица 10. Характеристики электродов для сварки никеля и его сплавов

Марка область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов
ОЗЛ-32 Для изделий из никеля НП-2, НА-1, для наплавки на углеродистые и высоколегированные стали в аппаратуре, работающей в щелочных и хлоросодержащих средах содового производства, мыловарения, производства синтетических волокон и др., а также сварка никеля с углеродистыми и коррозионностойкими сталями. Сварка "ниточными" валиками с амплитудой поперечных колебаний не более двух диаметров электрода. Электрод перпендикулярен к изделию. Дугу обрывать постепенно, отводя её на наплавленный металл.	РБ	=(+)	12,0	
В-56У Для сварки изделий из монель-металла и аппаратуры из двухслойных сталей (СтЗсп + монель-металл) со стороны коррозионностойкого слоя, а также для наплавки. Возможна сварка монель-металла с низкоуглеродистыми сталями. Сварка валиками шириной до 12 мм.	РБ	=(+)	11,5	

Электроды для резки металла

Дуговая резка металла покрытыми электродами часто используется при монтаже и ремонте металлоконструкций. Она эффективна, так как не требует дополнительного оборудования и специальной квалификации рабочих. Электроды для резки отличаются от электродов для сварки высокой тепловой мощностью дуги, высокой теплостойкостью покрытия, интенсивной окисляемостью жидкого металла. Эти электроды целесообразно применять для удаления дефектных швов или их участков, удаления прихваток, заклепок, болтов, разделки трещин и т.п. Прокалка перед сваркой: 170°C; 1ч.

Таблица 11. Характеристики электродов для резки металла

Марка область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов
ОЗР-1 Резка, строжка, прошивка отверстий, удаление дефектных участков сварных соединений и отливок, разделка свариваемых кромок и корня шва, выполнение других подобных работ при изготовлении, монтаже и ремонте деталей и конструкций из сталей всех марок (в т.ч. высоколегированных), чугуна, меди и алюминия и их сплавов. Обеспечивают получение чистого реза (без грата и натеков на поверхности реза). Резку производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону, противоположную направлению резки (углом вперед). При этом электрод должен совершать возвратно-поступательные движения: "туда-обратно" или "сверху-вниз".	Пспец.	~, =(+, -)	12,0	

ОЗР-2	Пспец.	~, =(+, -)	12,0	
Резка стержневой арматуры, строжка. Резка, прошивка отверстий, удаление дефектных участков сварных соединений и отливок, разделка свариваемых кромок и корня шва, выполнение других подобных работ при изготовлении, монтаже и ремонте деталей и конструкций из сталей всех марок (в т.ч. высоколегированных), чугуна, меди и алюминия и их сплавов. Обеспечивают получение чистого реза (без грата и натеков на поверхности реза). Имеют повышенную эффективность при резке строительной стержневой арматуры больших диаметров (время резки арматуры диаметром 16 мм составляет 2-3 с, диаметром 40 мм - 14-16 с). Резку производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону, противоположную направлению резки (углом вперед). При этом электрод должен совершать возвратно-поступательные движения: "туда-обратно" или "сверху-вниз".				

Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей, должны в первую очередь обеспечить необходимую жаропрочность сварных соединений - способность противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах.

Для конструкций, работающих при температурах до 475°C, используют молибденовые электроды типа Э-09М, а при температурах до 540°C - хромомолибденовые электроды типов Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-09Х2М1 и Э-05Х2М.

Для конструкций, работающих при температурах до 600°C, применяют хромомолибденованадиевые электроды Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НБФ, Э-10Х3М1БФ.

Электроды Э-10Х5МФ с повышенным содержанием хрома предназначены для сварки конструкций из сталей с повышенным содержанием хрома (12Х5МА, 15Х5М, 15Х5МФА и др.), работающих в агрессивных средах при температурах до 450°C.

Для сварки теплоустойчивых сталей чаще используют электроды с основным покрытием, обеспечивающие прочность наплавленного металла при повышенных температурах, а также малую склонность к образованию горячих и холодных трещин.

Таблица 12. Характеристики электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Тип Э-09М Для молибденовых сталей				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов
ЦЛ-6	А	~, =(+, -)	10,5	
УОНИ-13/15М	Б	=(+)	9,0	
ЦУ-2М	Б	=(+)	9,5	
Для сталей 16М, 20М и др., при сварке паропроводов, коллекторов котлов, рабо- тающих при температурах до 475°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				

Тип Э-09Х1М Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома.			
УОНИ-13ХМ	Б	=(+)	9,0
Для сталей 15ХМ, 20ХМ и др., в том числе для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 520°С. Сварка предельно короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-200°С.			
ТМЛ-1	Б	=(+)	10,0
Для паропроводов, работающих при температурах до 500°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С. Возможна сварка в узкие разделки.			
ТМЛ-1У	Б	=(+)	9,0
Для сталей 12МХ, 15МХ и др., для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 540°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Возможна сварка в узкую разделку с углом скоса кромок до 15°. Дуга очень стабильна. Хорошо отделяется шлак.			
Тип Э-05Х2М Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома.			
Н-10	Б	=(+)	9,5
Для сварки легированных теплоустойчивых хромомолибденовых сталей, паропроводов из сталей 10Х2М, 12ХМ, 12Х2М1-Л и др., работающих при температуре до 550°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С.			
Тип Э-09Х2М1 Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома и молибдена			
ЦЛ-55	Б	=(+)	9,0
Для сталей 10Х2М и др., в том числе для сварки трубопроводов, работающих при температурах до 550°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С			
Тип Э-09МХ Для хромомолибденовых сталей.			
УОНИ-13/45МХ	Б	=(+)	9,5
Для сталей 12МХ, 15ХМ и др., в том числе для сварки трубопроводов, работающих при температурах до 500°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С.			
ОЗС-11	РБ	~, =(+)	8,5
Для сталей 12МХ, 15МХ, 12ХМФ, 15Х1М1Ф и др., для сварки паропроводов, работающих при температурах до 500°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Сварка сталей толщиной более 12 мм с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-200°С. Рекомендуются для монтажных работ.			
Тип Э-09Х1МФ Для хромомолибденованадиевых сталей			
ТМЛ-3	Б	=(+)	9,5
Для сварки неповоротных стыков трубопроводов, работающих при температурах до 575°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 250-350°С. Шлак легко отделяется. Высокая стойкость металла против образования пор в шве.			
ТМЛ-3У	Б	=(+)	9,5
Для сталей 12МХ, 15МХ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФ1, 15Х1М1Ф-Л и др., в т.ч. для трубопроводов, работающих при температурах до 565°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400°С. Сварка в узкую разделку с углом скоса кромок до 15°.			

ЦЛ-39	Б	(=)	9,0	
Для сталей 12Х1МФ, 12Х2МФСР, 12Х2МФБ и др., в т.ч. для сварки элементов нагрева поверхностей котлов и трубопроводов диаметром до 100 мм с толщиной стенки до 8 мм, работающих при температурах до 575°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400°С.				
Тип Э-10Х1М1НФБ Для хромомолибденованадиевых сталей				
ЦЛ-27А	Б	(=)	10,0	
Для сталей 15Х1М1Ф, конструкций из литых, кованных и трубных деталей, работающих при температурах до 570°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400°С.				
ЦЛ-36	Б	(=)	10,5	
Для сталей 15Х1М1Ф, 15Х1М1Ф-Л и др., для сварки паропроводов и арматуры, работающих при температурах до 585°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°С.				
Тип Э-10Х3М1БФ Для хромомолибденованадиевоиниобиевых сталей				
ЦЛ-26М	Б	(=)	10,0	
Для сталей 12ХМФБ поверхностей нагрева котлов, работающих при температурах до 600°С, а также для тонкостенных труб пароперегревателей в монтажных условиях. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°С.				
ЦЛ-40	Б	~,(=)	9,0	
Для сталей 12Х2МФБ, в т.ч. тонкостенных труб пароперегревателей, поверхностей нагрева котлов, работающих при температурах до 600°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°С. Изготавливаются диаметром 2,5 мм.				
Тип Э-10Х5МФ Для хромомолибденованадиевых и хромомолибденовых сталей				
ЦЛ-17	Б	(=)	10,5	
Для сталей 15Х5М (Х5М), 12Х5МА, 15Х5МФА в ответственных конструкциях, работающих в агрессивных средах при температурах до 450°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-450°С.				

Электроды для сварки высоколегированных сталей

Стали, содержащие 13% хрома, считаются высокохромистыми нержавеющими. Они обладают стойкостью против атмосферной коррозии и в слабоагрессивных средах. Это стали 08Х13, 12Х13, 20Х13, которые различаются свариваемостью в зависимости от содержания углерода.

При выборе электродов для сварки таких сталей необходимо обеспечить следующие свойства металла шва: стойкость против атмосферной коррозии и в слабо агрессивных средах, жаростойкость до температуры 650°С и жаропрочность до температуры 550°С. Этим требованиям удовлетворяют электроды типа Э-12Х13 марок ЛМЗ-1, АНВ-1 и др., которые обеспечивают химический состав, структуру и свойства металла шва, близкие характеристикам основного металла.

Для сварки сталей с пониженным содержанием углерода и дополнительно легированных никелем рекомендуются электроды типа Э-06Х13Н марки ЦЛ-41.

С увеличением количества хрома возрастает коррозионная стойкость и жаростойкость высокохромистых сталей. Содержание 17-18% дает коррози-

онную стойкость в жидких средах средней агрессивности. Такие стали относятся к кислотостойким: 12X17, 08X17Т, 08X18Т и др. Если количество хрома достигает 25-30%, то возрастает жаростойкость - стойкость против газовой коррозии при температурах до 1100°C. Это жаростойкие стали: 15X25Т, 15X28 и др. Для серосодержащих сред пригодны стали и электроды, в которых не менее 25% хрома.

Выбор электродов для сварки высокохромистых сталей зависит от количества хрома в свариваемых сталях. Так, для сварки сталей с 17% хрома, к которым предъявляются требования по коррозионной стойкости в жидких окислительных средах или по жаростойкости при температурах до 800°C, рекомендуются электроды типа Э-10X17Т марок ВИ-12-6 и др.

Для сварки сталей с 25% хрома следует применять электроды типа Э-08X24Н6ТАФМ, придающие металлу шва после отпуска высокие пластичность, ударную вязкость и стойкость против межкристаллитной коррозии.

Сварку высокохромистых сталей следует выполнять при умеренных режимах с уменьшенной погонной энергией. После каждого прохода рекомендуется охлаждать металл околошовной зоны до температуры ниже 100°C, что обеспечивает минимальный рост зерна.

Высокохромистые стали на основе 13% хрома с дополнительным легированием молибденом, ванадием, вольфрамом и ниобием относятся к жаропрочным. Они способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. При выборе электродов для этих сталей основное требование - обеспечить необходимый уровень жаропрочности металла шва. Это достигается за счет получения химического состава швов, близкого основному металлу. Такому условию наиболее полно удовлетворяют электроды типов Э-12X11НМФ марки КТИ-9А, Э-12X11НВМФ марки КТИ-10, Э-14X11НВМФ марки ЦЛ-32.

Таблица 13. Характеристики электродов для сварки высоколегированных хромистых сталей

Тип Э-12X13 Для коррозионностойких сталей					
Марка, область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов	
УОНИ-13/НЖ 12X13 Для сварки сталей 08X13, 12X13, 20X13 и др., работающих при температурах до 600°C, а также наплавки уплотнительных поверхностей стальной арматуры. Сварка с предварительным нагревом до 200-250°C. В атмосфере пара и на воздухе обеспечивают жаропрочность до 540°C, жаростойкость до 650°C.	Б	=(+)	10,5		
ЛМЗ-1 Для сталей 08X13, 1X13, 2X13 и др., работающих в пресной воде и слабоагрессивных средах при нормальной температуре. Для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°C. После сварки обязательен отпуск.	Б	=(+)	11,0		

АНВ-1	Б	=(+)	11,0	
Для сталей 08X13, 12X13 и др., работающих в пресной воде и слабоагрессивных средах при нормальной температуре. Пригодны для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. После сварки обязателен отпуск. В атмосфере пара и воздуха обеспечивают жаропрочность до 540°C и жаростойкость до 650°C.				
Тип Э-10X17Т Для коррозионностойких и жаростойких сталей				
УОНИ-13/НЖ 10X17Т	Б	=(+)	11,0	
Для сталей 12X17, 08X17Т и др., работающих при повышенных температурах и в окислительных средах. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с минимальным тепловложением. Жаростойкость до 800°C.				
ВИ-12-6	Б	=(+)	11,0	
Для сталей 12X17, 08X17Т и др., работающих в окислительных средах при температурах до 800°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э-06X13Н Для коррозионностойких сталей, легированных никелем				
ЦЛ-41	РБ	=(+)	11,5	
Для сталей 0X12НД, 10X12НД-Л, 06X12НЗД, 06X14Н5ДМ и др., работающих при температурах до 400°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим нагревом до 80-120°C.				
Тип Э-12X11НМФ Для жаропрочных сталей				
КТИ-9А	Б	=(+)	9,5	
Для сталей 15X11МФ, 15X11ВФ и др., работающих при температурах до 565°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э-12X11НВМФ Для жаропрочных сталей				
КТИ-10	Б	=(+)	9,2	
Для сталей 15X11МФ, 15X12ВНМФ и 15X11МФБ-Л, работающих при температурах до 580°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам без колебаний электрода с подогревом до 350-400°C				
Тип Э-14X11НВМФ Для жаропрочных сталей				
ЦЛ-32	Б	=(+)	9,5	
Для сварки паронагревателей котлов паропроводов из сталей 10X11В2МФ и др., работающих при температурах до 610°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э-10X16Н4Б Для коррозионностойких и жаропрочных сталей.				
УОНИ-13/ЭП-56	Б	=(+)	9,0	
Для конструкций из сталей 09X16Н4Б и др., работающих в агрессивных средах, и для сварки трубопроводов высокого давления.				

Электроды для коррозионностойких кислотостойких сталей. Основное требование при выборе электродов для сварки кислотостойких сталей - это обеспечение коррозионной стойкости металла шва в жидких агрессивных средах при нормальных и повышенных температурах и давлениях. К наиболее агрессивным жидким средам относятся кислоты и их растворы, которые обладают как окислительными, так и неокислительными свойствами.

Для сварки конструкций из кислотостойких сталей, работающих в неокислительных жидких средах при температурах до 360°C и не подвергающихся термической обработке после сварки, рекомендуются электроды марок ЭА-400/10Т, ЭА-400/10У и др., марок ОЗЛ-8 и др., марки ЭА-606/10 и т.п. Термическая обработка сварных соединений, выполненных этими электродами, не допускается.

Для конструкций, работающих в неокислительных или малоокислительных жидких средах, для которых после сварки необходим отпуск, рекомендуются электроды марки ЭА-898/19 и др., которые обеспечивают стойкость шва против межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после отпуска.

Конструкции, которые эксплуатируются в окислительных жидких средах, например в азотной кислоте, рекомендуется сваривать электродами типа Э-08Х19Н10Г2Б марок ЦТ-15, ЗИО-3 и др.

Для низкоуглеродистых кислотостойких сталей, содержащих до 0,03% углерода, используются электроды типов Э-04Х20Н9 марок ОЗЛ-14А, ОЗЛ-36; Э-02Х20Н14Г2М2 марок ОЗЛ-20 и др.

Таблица 14. Характеристики электродов для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей

Тип Э-08Х19Н10Г2Б				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов
ЦТ-15	Б	=(+)	11,0	
ЗИО-3	Б	=(+)	12,5	
Для сталей с содержанием никеля до 16% - 08Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Б и др., работающих в окислительных средах. Жаропрочность до 650°С.				
Тип Э-07Х20Н9				
ОЗЛ-8	Б	=(+)	14,0	
ОЗЛ-14	РБ	~, =(+, -)	11,0	
УОНИ-13/НЖ 04Х19Н9	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
ЛЭЗ-8	Р	~, =(+)	12,5	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.				
ОЗЛ-8	П	=(+)	12,0	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
ЦТ-50	РБ	~, =(+)	11,0	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э-08Х19Н9Ф2Г2СМ				
ЭА-606/10	Б	=(+)	11,0	
Для сталей 09Х17Н7Ю, 09Х15Н8Ю и других, а также для сталей 14Х17Н2 и др.				

Тип Э-07Х19Н11М3Г2Ф				
ЭА-400/10У	Б	=(+)	12,0	
ЭА-400/10Т	Б	=(+)	12,0	
Для сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т и др., работающих в жидких агрессивных средах при температурах до 350°С и не подвергающихся после сварки термической обработке. Пригодны для наплавки антикоррозионного покрытия. Стойкость против межкристаллитной коррозии обеспечивается в состоянии после сварки и после аустенизации. Электроды ЭА-400/10Т обеспечивают лучшую, чем ЭА-400/10У, отделяемость шлака. Электроды ЦЛ-11 для более коррозионностойких сталей.				
Тип Э-08Х19Н9Ф2С2				
ЭА-606/11	Б	=(+)	12,0	
Для сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и др., работающих при температурах до 350°С и не подвергающихся после сварки термической обработке. Не рекомендуются для сварки сталей, не легированных титаном или ниобием.				
ГЛ-2	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и др., работающих при температурах до 350°С и не подвергающихся после сварки термической обработке. Не рекомендуются для сварки сталей, не легированных титаном или ниобием				
Тип Э-08Х19Н10Г2МБ				
ЭА-898/19	Б	=(+)	10,0	
Для сталей 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т и др., работающих в окислительных и малоокислительных средах при температурах до 350°С и подвергаемых после сварки термической обработке.				
Тип Э-04Х20Н9				
ОЗЛ-36	РБ	=(+)	13,5	
ОЗЛ-14А	Р	~, =(+)	11,0	
АНВ-32	Б	=(+)	10,5	
УОНИ-13/НЖ-2 /04Х19Н9	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 08Х18Н10Т, 06Х18Н11, 08Х18Н12Т, 04Х18Н10 и др., когда к металлу шва предъявляются требования по стойкости против межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после кратковременных выдержек в интервале критических температур. Жаростойкость до 800°С без серосодержащих газов.				
Тип Э-02Х20Н14Г2М2 Для коррозионностойких сталей с пониженным содержанием углерода				
ОЗЛ-20	П	=(+)	13,5	
Для сталей 03Х16Н15М3, 03Х17Н14М2 при жестких требованиях к швам по стойкости против межкристаллитной коррозии.				

Электроды для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей. Выбор электродов для таких сталей весьма ограничен. Так, для сталей 12Х21Н5Т, 08Х21Н6М2Т рекомендуются электроды, дающие металл шва по структуре не однотипный с основным металлом, а иной. В этом случае применяют электроды типов Э-08Х20Н9Г2Б марок ЦЛ-11, ОЗЛ-7 и др. Можно использовать электроды типа Э-09Х19Н10Г2М2Б марок ЭА-902/14, АНВ-36, ЭА-400/13 и др. Для высоколегированных сталей 12Х25Н5ТМФЛ и 10Х25Н6АТМФ предусмотрен один тип электродов - Э-08Х24Н6ТАФМ, к которому относятся электроды марки Н-48. Металл шва равнопрочен основному металлу толщиной до 200 мм. Электроды этого типа можно использо-

вать и для сталей 12X21Н5Т, 08Х21Н6М2Т. Для сталей 08Х22Н6Т и 08Х21Н6М2Т разработаны электроды ОЗЛ-40 и ОЗЛ-41, которые повышают коррозионную стойкость швов при работе в щелочных средах.

Таблица 15. Характеристики электродов для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей

Тип Э-08Х20Н9Г2Б					
Марка, область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов	
ЦЛ-11 Для сварки конструкций из коррозионностойких и жаропрочных сталей аустенитного класса типа 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 08Х18Н12Б и им подобных, работающих в агрессивных средах при температуре не более 400°С, когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.	Б	=(+)	10,5		
ОЗЛ-40 и ОЗЛ-41 Для сталей 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т и др., работающих в агрессивных средах.	БР	=(+)	13,5		
ЦТ-15К Для сталей 10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10 и др., работающих при температурах до 600°С. Пригодны для наплавки антикоррозионного слоя.	РБ	=(+)	11,0		
ОЗЛ-7 Для сталей 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б и др., работающих в агрессивных средах, когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.	Б	=(+)	11,5		
Тип Э-09Х19Н10Г2М2Б					
ЭА-902/14	Б	=(+)	11,0		
ЭА-400/13	Б	=(+)	12,0		
НЖ-13	Б	=(+)	13,0		
АНВ-36 Для конструкций из сталей 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х17Н13М2Т, Х18Н22В2Т2 и др., работающих при температурах до 550°С, когда к швам предъявляют жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии, не подвергаемых термообработке после сварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам "ниточными" швами без поперечных колебаний. Электроды АНВ-36 отличаются легким зажиганием дуги и малым разбрызгиванием.	Н	~, =(+)	13,0		
СЛ-28 Для конструкций из сталей 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х17Н13М2Т, Х18Н22В2Т2 и др., работающих при температурах до 550°С, когда к швам предъявляют жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии, не подвергаемых термообработке после сварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам "ниточными" швами без поперечных колебаний.	Б	=(+)	11,0		
Тип Э-08Х24Н6ТАФМ					
Н-48 Для сталей 12Х25Н5ТМФЛ, 12Х21Н5Т, 08Х22Н6Т и др., работающих в неокислительных агрессивных средах при температурах до 300°С	Б	~, =(+, -)	11,0		

Электроды для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей. Жаростойкими (окалиностойкими) считаются стали, способные противостоять химическому разрушению поверхности в воздухе или в другой газовой среде при температурах выше 850°C в ненагруженном или слабонагруженном состояниях. Они содержат до 20-25% хрома и работают при температурах до 1050°C и выше.

Жаростойкость наплавленного металла до 1000°C на сталях 20Х23Н13, 20Х23Н18 и др. достигается электродами типа Э-10Х25Н13Г2 марок СЛ-25, ОЗЛ-6, ЦЛ-25.

Для сварки жаростойких сталей, долго работающих при температурах выше 1000°C, следует применять электроды типа Э-12Х24Н14С2 марок ОЗЛ-5, ЦТ-17 и др., а также электроды типа Э-10Х17Н13С4 марки ОЗЛ-29, обеспечивающие жаростойкость до температуры 1100°C в окислительных и науглероживающих средах. Для конструкций, работающих в серосодержащих средах, применяют безникелевые высокохромистые жаростойкие стали 15Х25Т, 15Х28 и др.

Таблица 16. Характеристики электродов для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей

Тип Э-10Х25Н13Г2				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Кэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
УОНИ-13/НЖ-2 /07Х25Н13	Б	=(+)	12,0	
ЗИО-8	РБ	=(+)	13,0	
ЦЛ-25	Б	=(+)	10,5	
ОЗЛ-6	Б	=(+)	11,5	
Для 10Х23Н18, 20Х23Н13, 20Х23Н18 и др., работающих в средах без сернистых соединений при температурах до 1000°C, а также для двухслойных сталей со стороны легированного слоя без требований по стойкости к межкристаллитной коррозии. Швы склонны к охрупчиванию при 600-800°C. Короткая дуга. Термическая подготовка кромок не допускается.				
СЛ-25 То же, для жаростойких сталей.	Б	=(+)	10,0	
Тип Э-12Х24Н14С2				
ОЗЛ-5	Б	=(+)	12,5	
ЦТ-17	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 20Х25Н20С2, 20Х20Н14С2 и др., работающих при температурах до 1100°C в окислительных и науглероживающих средах. Сварка узкими валиками.				

Тип Э-10Х17Н13С4			
ОЗЛ-29	Б	=(+)	15,5
ОЗЛ-3	Б	=(+)	12,0
Для сталей 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2, 45Х25Н20С2 и др., работающих при температурах до 1100°С в окислительных и науглероживающих средах, а также для стали 15Х18Н12С4ТЮ, работающей в агрессивных средах без высоких требований по стойкости к межкристаллитной коррозии.			



Электроды для сварки жаропрочных сталей. К жаропрочным относятся стали, которые работают в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладают при этом достаточной стойкостью против образования окалин. Высокая жаропрочность хромоникелевых сталей достигается за счет увеличения содержания никеля и дополнительного легирования титаном, ниобием, молибденом, вольфрамом и др.

Следует учитывать, что жаропрочность сварных соединений может существенно отличаться от жаропрочности основного и наплавленного металлов. Поэтому выбор электрода по принципу равной или близкой жаропрочности шва и основного металла оправдывается только для кратковременных ресурсов работы сварных соединений. Для длительных ресурсов лучше брать электроды, дающие более пластичный металл шва. Этому принципу соответствуют электроды, легирующие металл шва молибденом, - типа Э-11Х15Н25М6АГ2 марок ЭА-395/9, ЦТ-10, НИАТ-5 и типа Э-08Х16Н8М2 марки ЦТ-26.

Для сварки жаропрочных сталей, содержащих до 16% никеля и работающих при температурах до 600-650°С, а также если сварные соединения после сварки подвергаются термообработке посредством отпуска, применяются электроды типов Э-09Х19Н11Г3М2Ф марок КТИ-5, ЦТ-7 и Э-08Х19Н10Г2Б (см. выше) марок ЦТ-15 и ЗИО-3.

При сварке корневых слоев многослойных стыковых швов жаропрочных сталей, когда перемешивание основного металла с наплавленным велико и не обеспечивает технологическую прочность швов, следует применять электроды типа Э-08Х20Н9Г2Б марки ЦТ-15-1.

Для сварки жаропрочных сталей, содержащих 35% никеля и легированных ниобием, которые работают при температурах до 700-750°С, применяют электроды типа Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т марок КТИ-7 и КТИ-7А.

Для сварки жаропрочных сталей с 35% никеля, но без ниобия, однако легированных молибденом и марганцем, используют электроды типов Э-11Х15Н25М6АГ2 марок ЭА-395/9, НИАТ-5, ЦТ-10 и Э-09Х15Н25М6АГ2Ф марки ЭА-981/15. При этом надо учесть, что наплавленный такими электродами металл не стоек против межкристаллитной коррозии в состоянии после сварки и после термической обработки. Поэтому такие электроды непригодны, если конструкция работает еще и в жидкой агрессивной среде. Слои, контактирующие с агрессивной средой, следует выполнять электродами типа Э-07Х19Н11М3 (см. выше) марок ЭА-400/10У и ЭА-400/10Т.

Таблица 17. Характеристики электродов для сварки жаропрочных сталей

Тип Э-11Х15Н25М6АГ2				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А·ч	Поло- жение швов
ЭА-395/9 и ЦТ-10 Для сталей и сплавов ХН35ВТ, Х15Н25АМ6 и др., содержащих до 35% никеля, но без ниобия, работающих при температурах до 700°С. Для разнородных соединений высоколегированных сталей с углеродистыми и низколегированными. Для конструкций, работающих при температурах до -196°С. Короткая дуга. Зачистить кромки.	Б	=(+)	11,5	
НИАТ-5 Для сталей и сплавов ХН35ВТ, Х15Н25АМ6 и др., содержащих до 35% никеля, но без ниобия, работающих при температурах до 700°С. Для разнородных соединений высоколегированных сталей с углеродистыми и низкоуглеродистыми. Для конструкций, работающих при температурах до -196°С. Короткая дуга. Зачистить кромки.	Б	=(+)	12,5	
Тип Э-08Х16Н8М2				
ЦТ-26 Для сталей 10Х14Н14В2М, 08Х16Н13М2Б и др., в паропроводах, работающих при температурах 600-850°С.	Б	=(+)	10,5	
Тип Э-08Х20Н9Г2Б				
ЦТ-15-1 Для сварки корневых слоев швов, выполняемых электродами ЦТ-15.	Б	=(+)	11,0	
Тип Э-09Х19Н11Г3М2Ф				
КТИ-5 Для сталей 08Х16Н13М2Б, 15Х14Н14М2ВФБТЛ (ЛА-3) и др., работающих при температурах до 600°С и подвергаемых после сварки термической обработке, а также для заварки дефектов литья из этих сталей. Сварка короткой дугой по защищенным кромкам короткими валиками без поперечных колебаний.	Б	=(+)	12,0	
ЦТ-7 Для сталей 08Х16Н13М2Б, 15Х14Н14М2ВФБТЛ (ЛА-3) и др., работающих при температурах до 600°С и подвергаемых после сварки термической обработке, а также для заварки дефектов литья из этих сталей. Сварка короткой дугой по защищенным кромкам короткими валиками без поперечных колебаний.	Б	=(+)	12,0	
Тип Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т				
КТИ-7 Для сплавов на железоникелевой основе ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др., долго работающих при температурах до 750°С, а также для реакционных труб в печах конверсии металла из сталей 45Х20Н35С, 25Х20Н35 и др., работающих при температурах до 900°С. Сварка короткой дугой узкими валиками без поперечных колебаний.	Б	=(+)	11,0	
КТИ-7А Для сплавов на железоникелевой основе ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др., долго работающих при температурах до 750°С, а также для реакционных труб в печах конверсии металла из сталей 45Х20Н35С, 25Х20Н35 и др., работающих при температурах до 900°С. Сварка короткой дугой узкими валиками без поперечных колебаний.	Б	=(+)	10,0	

Тип Э-09Х15Н25М6АГ2Ф				
ЭА-981/15	Б	(=)	11,5	
Для сварки высоколегированных коррозионностойких хромоникелемолибденовых и хромоникелемолибденованадиевых сталей, а также высокопрочных сталей типа АК и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13-Л.				

Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов

Разнородными сталями и сплавами считаются материалы, резко отличающиеся физико-механическими свойствами, химическим составом и свариваемостью. По признаку разнородности стали условно можно разделить на 4 группы: углеродистые и легированные, легированные повышенной и высокой прочности, теплоустойчивые, высоколегированные.

Сварка разнородных сталей и сплавов может существенно отличаться от сварки однородных материалов, так как возрастает вероятность появления трещин в металле шва, возникновения в зоне оплавления участков со структурной неоднородностью, чрезмерного роста остаточных напряжений из-за большой разницы в коэффициентах расширения свариваемых материалов.

Большинство электродов, используемых при сварке разнородных сталей и сплавов, относятся к электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей и легированных сталей повышенной и высокой прочности, которые дают шов с однородной высокопластичной структурой металла.

Выбор электрода можно делать по таблице, составленной с учетом отечественного опыта сварки разнородных металлов.

Группа сталей и сплавов	Углеродистые и низколегированные	Легированные повышенной и высокой прочности	Теплоустойчивые	Высоколегированные аустенитные	Высоколегированные жаропрочные	Сплавы на никелевой основе
Углеродистые и низколегированные	♦	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	Э42А-Э50А	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Легированные повышенной и высокой прочности	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	♦	Э50А-Э85	НИАТ-5, ЭА-395/9	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Теплоустойчивые	Э42А-Э50А	Э50А-Э85	♦	ЭА-395/9	АНЖР-1, АНЖР-2	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Высоколегированные аустенитные	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	НИАТ-5, ЭА-395/9	ЭА-395/9	♦	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	ОЗЛ-25Б
Высоколегированные жаропрочные	ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	АНЖР-1, АНЖР-2	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	♦	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б
Сплавы на никелевой основе	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б	♦

Рис. 45 Выбор электродов для сварки разнородных сталей и сплавов

Таблица 18. Характеристики электродов для сварки разнородных сталей и сплавов

Марка электрода, область применения и технологические особенности	Пок- рытие	Род, по- лярность тока	Коэф. нап- лавки, г/А•ч	Поло- жение швов
АНЖР-1 АНЖР-2 Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями.	П Б	=(+) =(+)	15,0 14,5	
ОЗЛ-27 ОЗЛ-28 Сварка углеродистых сталей с легированными, в том числе с трудносвариваемыми сталями.	РБ РБ	~, =(-) ~, =(+)	10,5 9,5	
ОЗЛ-6 ОЗЛ-6С Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными сталями.	Б Б	=(+) =(+)	12,0 11,0	
НИАТ-5 Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными сталями.	Б	=(+)	13,0	
ЭА-395/9 Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными сталями.	Б	=(+)	11,5	
ОЗЛ-25Б Сварка разнородных сталей: коррозионностойких, жаростойких, жаропрочных и сплавов на никелевой основе.	Б	=(+)	14,0	
ИМЕТ-10 Сварка разнородных жаропрочных сталей и сплавов.	РБ	=(+)	14,0	
ЦТ-28 Сварка углеродистых, низколегированных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе.	РБ	=(+)	10,5	
НИИ-48Г Сварка низколегированных, специальных и высокомарганцовистых сталей с высоколегированными сталями	Б	=(+)	12,0	

Практическое занятие № 13. Расчёт расхода сварочных материалов

Цель работы: практическая отработка навыков расчёта расхода сварочных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Рассчитать расход сварочных материалов.

Теоретический материал:

Для определения себестоимости сварных изделий очень важно правильно рассчитать расход материалов при сварочных работах. Кроме того, количество необходимых электродов, сварочной проволоки, флюсов, защитных газов и других расходных материалов необходимо знать и для того, чтобы обеспечить непрерывность рабочего процесса, создав на складе достаточный их запас.

Расчет необходимого количества материалов для сварки ведется на основе существующих норм их потребления при применении того или иного метода сварки.

Норма расхода сварочных материалов – это их количество, необходимое для полного изготовления сварного изделия с учетом всех потерь и отходов. Данная норма включает в себя расход материалов на всех этапах технологического процесса, связанного со сваркой, а именно – во время проведения подготовительных работ (изготовление прихваток), ведения самих сварочных работ, а также возможной последующей правки конструкции.

Для каждого типа сварного шва и каждого метода сварки существуют свои нормативы расхода материалов. Кроме того, при определении количества нужных материалов учитываются и неизбежные при ведении сварки потери, причем существует также определенная норма таких потерь, которая зависит от применяемого метода сварки и ее режима, длины шва и сложности всей сварной конструкции.

Основные формулы для расчета нормы расходов сварочных материалов.

Существуют определенная нормативная формула, помогающая рассчитать расход материалов при сварочных работах. Эта формула позволяет понять, сколько сварочных материалов потребуется на один метр шва:

$$N = G * K, \text{ где}$$

N – норма расхода сварочных материалов на один метр сварного шва

G – масса наплавленного металла сварного шва, длина которого равна 1 метру

K – коэффициент перехода от массы наплавленного металла к расходу материалов для сварки

А для того, чтобы определить массу наплавленного металла на 1 метр сварного шва (G), можно воспользоваться следующей формулой:

$$G = F * y * L, \text{ где:}$$

F – площадь поперечного сечения сварного шва (в мм²)

y – удельная масса металла (г/см³)

L – длина сварного шва (она равна 1 метру).

Приведенные выше формулы позволяют рассчитать нормы расхода материалов для сварочного шва в наиболее простом – нижнем положении. Если же сварочные работы ведутся в вертикальном или потолочном положении, то полученный норматив необходимо умножить на поправочный коэффициент, который как раз и учитывает особенности расхода материалов при различных положениях сварного шва:

для нижнего положения шва этот коэффициент равен 1,00

при полувертикальном положении шва берется коэффициент 1,05

при вертикальном (горизонтальном) положении шва коэффициент равен 1,10

при потолочном положении шва полученная предварительно норма умножается на коэффициент 1,20.

Рассмотрим, на какие особенности следует обращать внимание при определении необходимого количества конкретных сварочных материалов – сварочной проволоки и защитного газа.

Как рассчитать расход сварочной проволоки.

Для того, чтобы рассчитать количество сварочной проволоки, которое потребуется для изготовления сварной конструкции, необходимо учесть следующие параметры:

Если применяется полуавтоматический метод сварки, то количество сварочной проволоки зависит от следующих факторов:

характеристик подвергаемого сварке металла

диаметра сварочной проволоки

особенностей и технических характеристик самого сварочного оборудования

присутствия или отсутствия защитного газа.

Расчет расхода сварочной проволоки можно произвести, исходя из массы всей сварной конструкции – как правило, максимальное количество проволоки равняется 1,5% массы сварной конструкции.

Также массу проволоки можно определить, исходя из массы наплавляемого металла. При этом методе расчета учитывается, что требуемая масса проволоки превышает вес наплавляемого металла на 2-6%.

Расчет расходов защитного газа.

Правильный расчет количества необходимого для ведения сварочных работ защитного газа дает возможность добиться высокого качества и непрерывности сварных работ в среде защитного газа. Количество необходимого газа зависит от того, какой именно металл подвергается сварке:

для сварки конструкции из алюминия потребуется 15-20 литров защитного газа (аргона) в минуту

сварка медной конструкции в среде защитных газов потребует 10-12 литров газа в минуту

для магниевых сплавов потребуется 12-14 литров аргона в минуту

при сварке сплавов никеля «уйдет» 10-12 литров газа в минуту

титан и его сплавы требуют более значительного расхода газа при проведении сварочных работ – 35-50 литров в минуту.

А вот для сварки изделий из стали защитный газ расходуется более экономно.

Для того, чтобы не расходовать лишнее количество газа при сварке, баллоны с газом снабжаются специальным регулятором.

Практическое занятие №14 Электроннолучевая сварка

Цель работы: изучение процесса электроннолучевой сварки, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать принцип её действия.

Выявить перспективные области её применения

Теоретический материал:

Как известно, для соединения металлических деталей можно задействовать несколько технологий, которые отличаются между собой способом получения тепловой энергии, подготовкой свариваемой поверхности, типом обрабатываемого металла и финансовыми затратами. В основе большинства сварочных процессов лежит применение различных газов (защитных или рабочих) и лишь *электронно-лучевая сварка* реализуется без какой-либо газовой среды, то есть в абсолютном вакууме. Именно об ЭЛС и пойдет речь в этой статье.

В чем суть ЭЛС

Данная технология основана на преобразовании кинетической энергии, вырабатываемой при движении электронов в тепловую энергию, необходимую для плавления металлической кромки. Скорость электронного потока, а значит и величина кинетической энергии, напрямую зависит от приложенной разности потенциалов (напряжения), которая может достигать 100 кВ. Сфокусированный в небольшой пучок луч при касании поверхности материала обеспечивает сверхвысокую плотность мощности, в результате чего электроны могут проникать в металл на определенную глубину. Именно во время такого проникновения электрон отдает накопленную энергию, что приводит к нагреву и плавлению места контакта.



Рис.46 Схема процесса

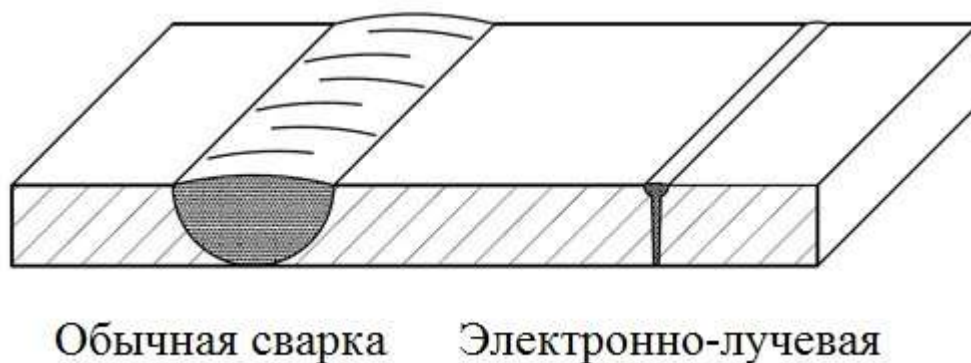


Рис.47 Сравнение результатов

Чтобы в процессе электронно-лучевой сварки заряд источника не расходовался на преодоление молекул воздуха или другого газа, обработку материала выполняют в условиях вакуума с внутренним давлением от 10^{-1} до 10^{-3} Па. Такой подход позволяет создать практически идеальную инертную среду для сварки. Однако следует обратить внимание, что применять вакуум не всегда целесообразно, т.к. это очень дорогостоящий процесс.

Где применяется электронно-лучевая сварка

Поскольку ЭЛС обладает высокой плотностью создаваемой мощности, которая достигает 10^8 Вт/см², и осуществляется в вакуумной среде, подобная технология дает возможность скреплять тугоплавкие и химически активные металлы и их сплавы, такие как:

- вольфрам;
- тантал;
- молибден;
- ниобий;
- цирконий;
- титан;
- алюминий;
- высоколегированная сталь.

Данные материалы можно сваривать как в однородных, так и разнородных сочетаниях при разных толщинах и температурах плавления. Естественно, выбор ускоряющего напряжения, силы тока луча и скорость обработки во многом зависят от физико-механических свойств детали. Например, при работе с вольфрамом толщиной 0,5 мм разность потенциалов составляет 18 кВ, ток равен 40 мА, а скорость перемещения луча достигает 60 м/ч. Тогда как для 35-миллиметровой стали эти показатели будут несколько иными: 22 кВ, 500 мА, 20 м/ч.

Электронно-лучевой сварочный процесс получил широкое применение в тех отраслях, где нежелательна или невозможна высокая термообработка изделия, при этом шов должен отличаться большой надежностью и эстетической привлекательностью. Поэтому ЭЛС часто используется в авиакосмиче-

ской сфере, энергетике, машиностроительной промышленности, приборостроении и электровакуумном производстве.

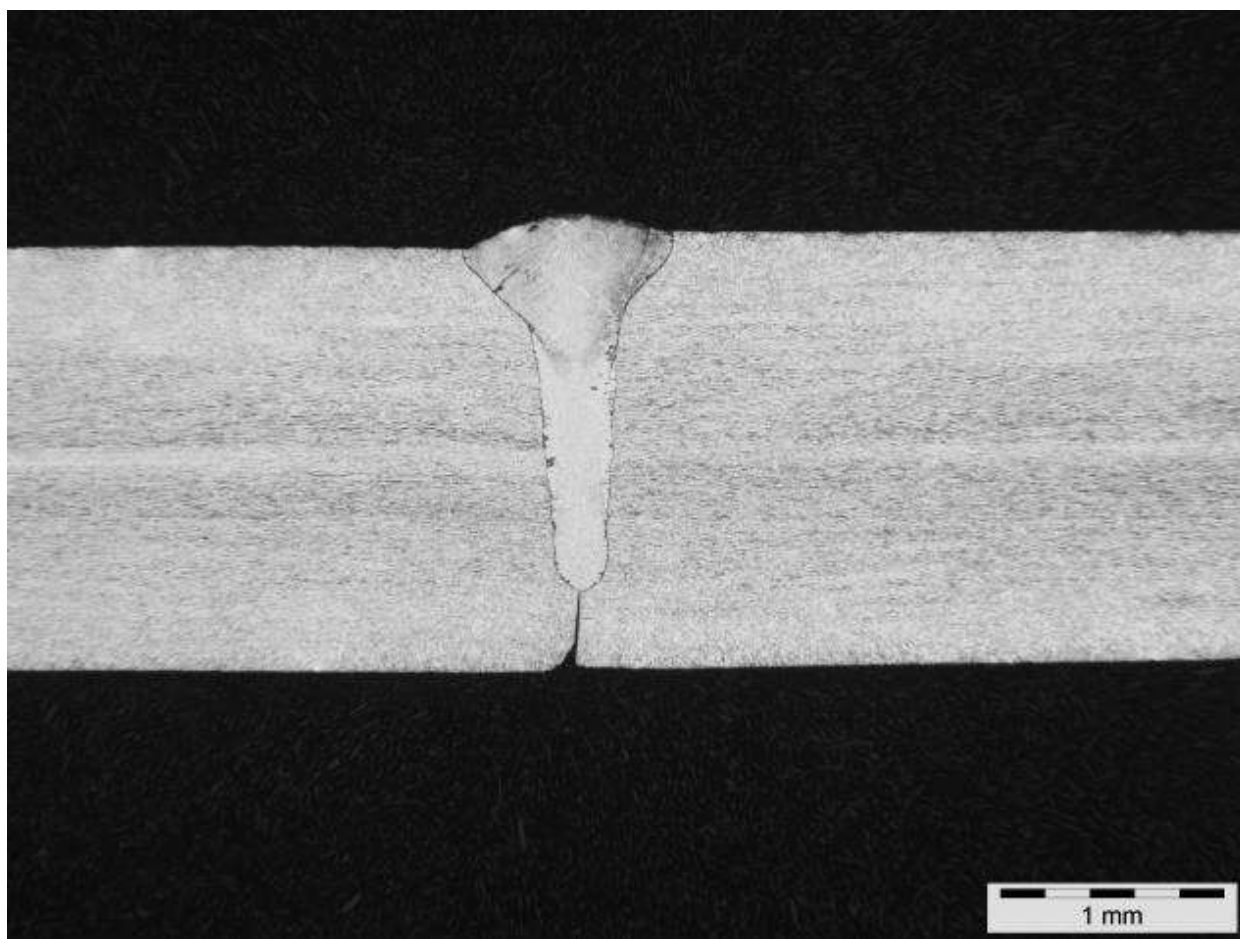


Рис.48 Шов крепления нержавеющей стали

Преимущества и недостатки по сравнению с другими видами сварки

Как уже отмечалось, электронный луч отличается высокой плотностью мощности, уступая по этому показателю только лазерному лучу и значительно превосходя ацетилено-кислородное пламя и электрическую дугу. Кроме того, площадь пятна нагрева является минимальной и составляет около 10^{-5} см² (для сравнения, при обработке металлических деталей ацетиленом создается пятно контакта минимум 0,2 см², а электрической дугой – 0,1 см²).

Еще одним существенным преимуществом ЭЛС является полная дегазация рабочей области, в результате чего достигается высококачественное соединение химически активных металлов. Отсутствие воздействия атмосферных кислорода и водорода на шов позволяет добиться его более однородной и плотной структуры, а также избежать последующей коррозии.

Основной недостаток описываемого способа – высокие затраты на создание условий вакуума. Этот метод сварки работает в узкоспециализированном диапазоне задач, для высокотехнологичных дорогостоящих деталей с серьезными требованиями по допускам.

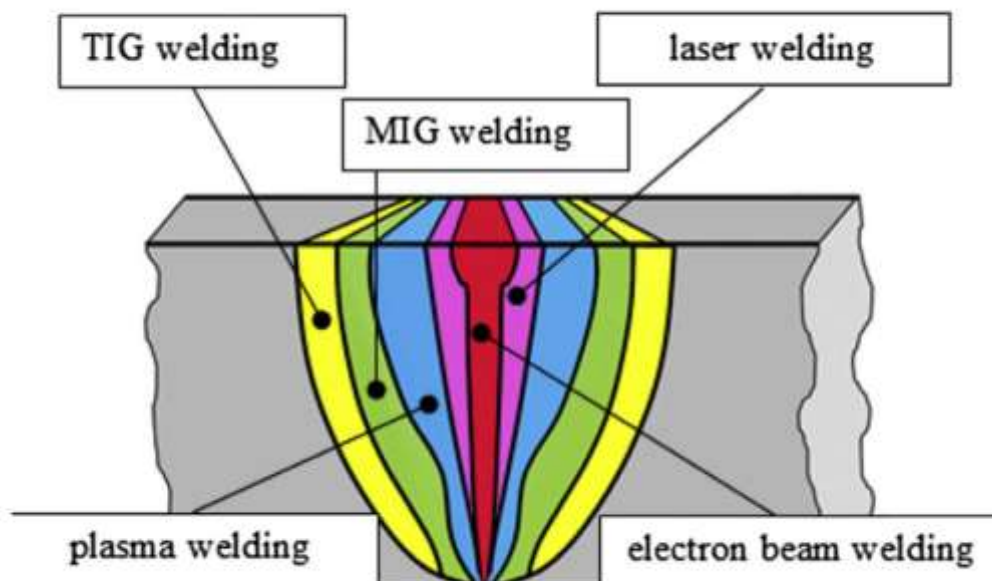


Рис.49 Классификация по тонкости шовных соединений

К минусам электронно-лучевого воздействия также можно отнести высокие требования к качеству обрабатываемой поверхности, которая в обязательном порядке должна быть очищена от следов консервации, ржавчины и других дефектов. При этом очистку материала, как правило, выполняют в несколько этапов – начиная механической обработкой и заканчивая применением специальных химических реагентов. К тому же после загрузки подготовленных деталей в камеру требуется длительное время для достижения необходимого вакуума, что не всегда подходит для серийного и массового производства.

В этом плане ацетилено-кислородная и электро-дуговая технологии являются более простыми и производительными. И если в первом случае шов не всегда выглядит эстетично, то при использовании электрической дуги многое зависит от применяемой защитной среды. Правильно подобранная смесь не только делает соединение более аккуратным, но и существенно повышает его надежность. Подробнее про сварочные смеси для разных видов металлов вы можете узнать, перейдя по этой [ссылке](#).

Практическое занятие № 15. Лазерная сварка

Цель работы: изучение процесса лазерной сварки, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать принцип её действия.

Выявить перспективные области её применения

Теоретический материал:

При сваривании металлической поверхности с помощью лазерной сварки весь процесс осуществляется лазерным лучом, который генерируется квантовым лазерным генератором.

В международной номенклатуре лазерная сварка обозначается следующей аббревиатурой: LWB – сварка посредством лазерного луча.

Техническая особенность лазерной сварки

Лазерный луч по сравнению со световым пучком характеризуется следующими свойствами, которые позволяют использовать его в процессе сваривания двух металлических поверхностей:

направленность узкого лазерного луча позволяет сосредоточить всю тепловую энергию, которая необходима для образования сварочной ванны, в месте малой площади до десятых долей миллиметра.

Это позволяет производить соединение очень тонким швом;

лазер имеет более эффективную способность к фокусировке оптическими линзами, так как лазерный поток монохроматичен, имеет одну интерференционную фракцию и одинаковую длину волны в то время, как световой поток имеет несколько фракций с различными длинами волн;

когерентность потока означает способность лазерного луча к резонансу, который увеличивает мощность потока.

Для этого в сварочных аппаратах лазерной сварки используются резонаторы колебаний магнитных полей, которые так же позволяют усиливать и уменьшать поток по площади.

По виду сварочные лазеры различают на твердотельные и лазеры с газовой прокачкой:

Твердотельные лазеры. Лазер представляет собой трубку, которая внутри покрыта зеркальной поверхностью – зеркалом насыщений.

В центре трубки находится цилиндрический трубчатый рубин, который и является преломляющей линзой для образования лазерного луча.

На внешний контр подаются токи возбуждения, которые подаются так же и на лампу возбуждения, которая создает кратковременный высокочастотные световые импульсы, эти импульсы аккумулируются рубиновой трубкой.

После этого внутри рубина возникает ионизированный лазерный пучок. Далее лазерный луч выгоняется направленным магнитным полем.

Отличительная черта таких лазеров – малая мощность лазерного луча, поэтому область применения данной сварки – работа с малогабаритными и легкоплавкими деталями.

Такие лазеры нашли активное применение в микроэлектронной промышленности: производство микросхем, микро распределителей, диодов и тиристоров;

Газовые лазеры обладают намного большей мощностью. Их отличительной чертой от твердотельных лазеров является тот факт, что полость отражательной трубки заполнена смесью ионизирующего газа, как правило, $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}$.

Схема работы такого лазера не отличается сложностью: в трубке расположены два электрода, которые и являются возбудителями для образования направленного лазерного заряда в газе.

Лазерный луч направляется магнитными полями высокой мощности.

Такие сварочные аппараты оснащаются водяной системой охлаждения, так как рабочая полость с азотом разогревается от импульсного воздействия электродов.

Газодинамические лазеры по своему устройству похожи на обычные газовые лазеры, но в данном случае газ в номинальной температуре 10000 градусов по Цельсию подается через сопло Лавалья, где он ионизируется и превращается в лазерный поток ионов газа.

Не имеете сварочного аппарата, но есть потребность сделать мелкий ремонт запчастей на автомобиль? Не проблема – используйте холодную сварку.

Много слышали о сварке алюминия, но не знаете что для этого надо? Читайте здесь о всех способах сварки алюминия.

Технология сварки лазером

Для производства работ не требуется вакуум, подойдут и обычные атмосферные условия.

Обычно защиту сварочной ванны производят аргоном, но есть один нюанс: во время взаимодействия металлов и лазера происходит расплав металла и его испарение.

Это может привести к тому, что лазерный луч начнет экранировать и преломляться, нарушая сварной шов.

Чтобы этого избежать в рабочую зону принудительно подается гелий – газ, который гасит возможные плазмообразования и испарения металла.

Лазерный луч несколько углубляется в стыкованные кромки, создавая из них припой.

С помощью такой технологии можно добиться “кинжальной” тонкости и ровности шва, к тому же весь процесс лазерной сварки полностью автоматизирован.

А вы знали что плазмой можно не только паять, но и резать все металлическое, керамическое, каменное и бетонное. Читайте как использовать современный аппарат для плазменной сварки при работе с разного рода металлами.

Всегда хотели знать как правильно соединять полипропиленовые трубы при помощи сварочного аппарата для сварки полипропилена? Здесь описаны все нюансы.

Преимущества и недостатки сварки лазером

К самым явным преимуществам относятся:

возможность дозировать подаваемую энергию в очень большом диапазоне.

Это позволяет создавать высококачественные сварные соединения любых поверхностей;

с помощью газовых лазеров можно получить большую глубину оплавления, при этом термическое повреждение не расходится в ширь, что очень важно при производстве радиотехнических деталей малого размера;

управление лазерным потоком с помощью системы зеркал и отражателей позволяет достигнуть труднодоступных мест и участков.

К примеру, все подводные коммуникации варятся лазерным лучом с постамента, который может быть помещен внутрь трубопровода и управляться по радиопередатчику;

Недостатки:

лазерная технология является новейшей и обладает малым КПД, высокой стоимостью на производство и эксплуатацию оборудования;

обучение сварщика лазерной сварке и приемам обучения с агрегатом требует длительных сроков и знаний.

Несмотря на эти недостатки, прогресс не стоит на месте, лазерная сварка – технология будущего.

Флюс намного дешевле инертного газа, который употребляется при газовой сварке, и что это более простая и надежная технология, и к тому же она легко транспортируется? Все преимущества и недостатки читайте в статье про особенности сварки под флюсом.

Хотите узнать более детально как выполнить качественно сварку, как цветного, так и черного металлов? Подробности в этой статье.

Практическое занятие № 16. Сварка взрывом

Цель работы: изучение процесса сварки взрывом, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

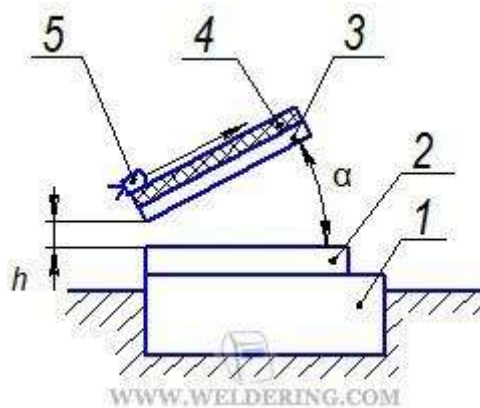
Изучить теоретический материал.

Описать принцип её действия.

Выявить перспективные области её применения

Теоретический материал:

Сварка взрывом является разновидностью сварки давлением. Для совместной пластической деформации контактирующих слоев металла используется кинетическая энергия соударения движущейся детали, разогнанной до большой скорости энергией взрыва, и неподвижной детали, установленной на жесткой площадке. **Скорость движения ударяющей детали должна к моменту соударения достигать нескольких сотен метров в секунду.** В зоне соударения металл течет как жидкость и сливается в одно целое. Заряд взрывчатого вещества, масса которого составляет 10...20% массы детали, вызывает ее перемещение со сверх звуковой скоростью.



1 - опорный фундамент; 2, 3 - свариваемые детали; 4 - взрывчатое вещество; 5 - детонатор;
h - зазор между деталями; α - угол установки деталей.

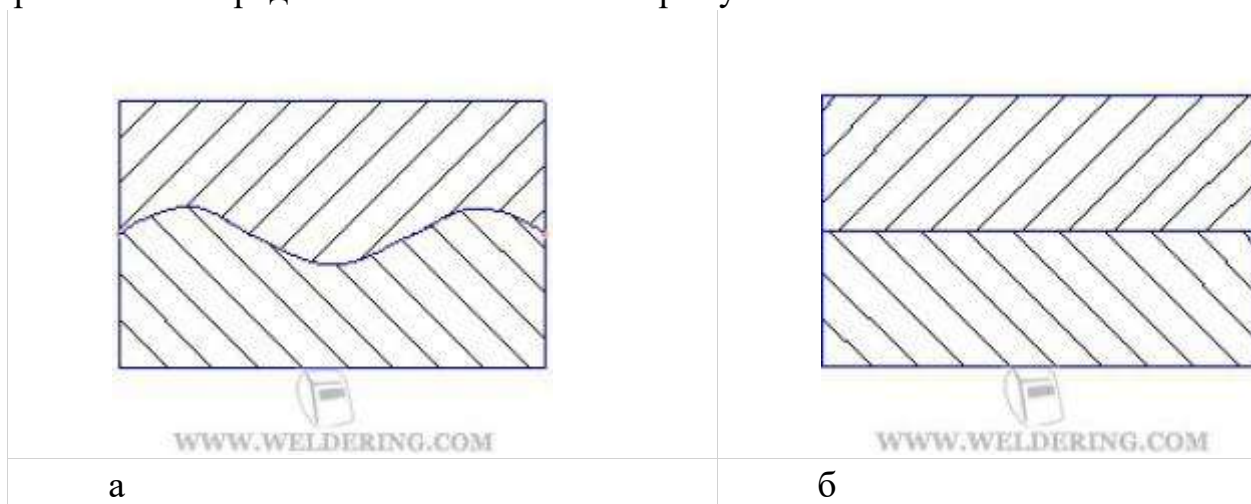
Рис.50 Схема сварки взрывом

Схема сварки взрывом представлена на рис. 1. Неподвижную деталь 2 для увеличения массы укладывают на жесткую массивную плиту 1. Ударяющий лист металла 3 располагают под углом $\alpha=3...10^\circ$ к поверхности детали 2 с зазором h. По поверхности листа 3 равномерным слоем укладывают взрывчатое вещество (ВВ) 4; в качестве которого используют аммонал, тол, гексоген и другие. На нижнем крае листа 3 располагают детонатор 5. После инициирования детонатором 5 взрыва заряда ВВ 4 по заряду с огромной скоростью распространяется плоская детонационная волна. Скорость детонации $D=2000...8000$ м/с. Позади движущейся детонационной волны остаются продукты взрыва. Давление газообразных продуктов взрыва составляет 10...20 ГПа. Вследствие такого давления части верхней детали, расположенные в зоне действия продуктов сгорания, последовательно вовлекаются в ускоренное движение в направлении к нижней детали, соударяются с ней со скоростью

V_c . Та часть верхней пластины, где детонация ВВ еще не произошла, находится в исходном положении, в результате чего верхняя пластина в процессе сварки изгибается, причем точка изгиба перемещается по поверхности пластины со скоростью детонации ВВ.

Так как при соударении метаемая деталь подходит к неподвижной детали под некоторым углом, то наряду с нормальной составляющей V_n скорости соударения V_c , которая вызывает большое давление в зоне сварки и совместную пластическую деформацию поверхностных слоев, существует тангенциальная составляющая V_t скорости V_c , приводящая к деформации сдвига, **вследствие чего резко возрастает деформация сдвига и образование металлических связей.**

Возникновение прочной металлической связи даже при наличии большого давления невозможно, если в процессе сварки свариваемая поверхность деталей не очищена. При соударении в углу смыкания деталей возникает кулюлятивная воздушная струя. Скорость струи достигает 5000...7000 м/с, и поэтому она оказывает большое давление на металл. Волновая конфигурация границы раздела металла при сварке взрывом, как правило, легко обнаруживается при исследовании структуры соединения. Граница соединения поперек пластин представляет собой почти прямую линию.



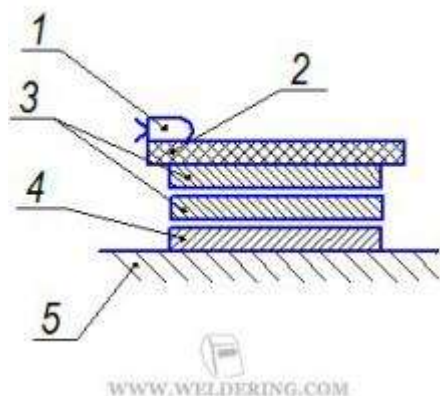
а - вдоль пластины; б - поперек пластины.
Рис.51 Вид границы раздела металлов при сварке взрывом

Особенности процесса сварки взрывом

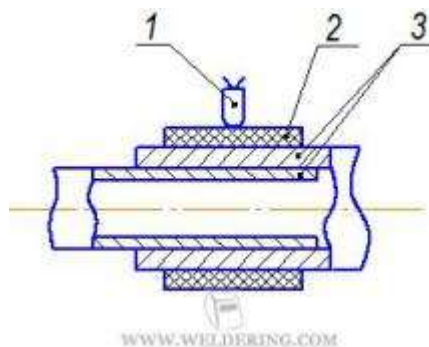
Сварное соединение образуется в течение миллионных долей секунды, то есть практически мгновенно. Сварное соединение возникает вследствие образования металлических связей при совместном пластическом деформировании свариваемых поверхностей металла. Малая продолжительность сварки предотвращает возникновение диффузионных процессов. Эта особенность позволяет сваривать металлы, которые при обычных процессах сварки с расплавлением металлов образует хрупкие интерметаллические соединения, делающие швы непригодными к эксплуатации.

При сварке взрывом **можно получать соединения неограниченной площади**. При этом процесс сварки осуществляется тем проще, чем больше

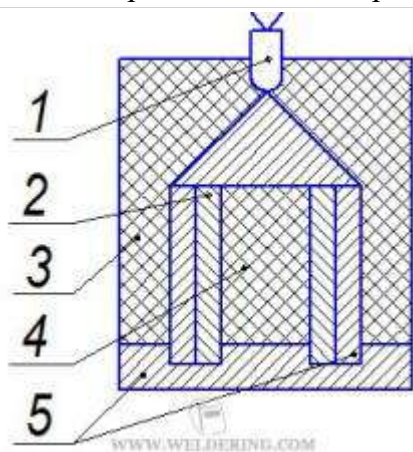
отношение площади соединения к толщине метаемой части металла. Осуществлены соединения площадью 15...20 м².



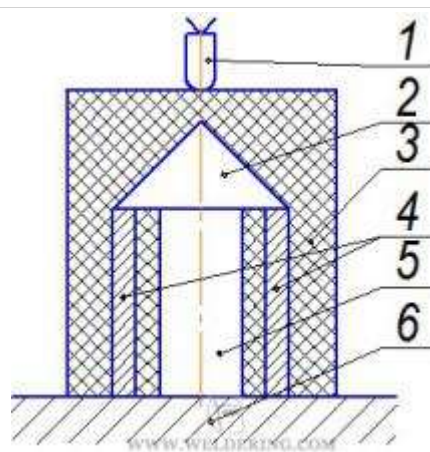
1 – детонатор; 2 – заряд ВВ; 3 – метаемые пластины; 4 – неподвижная пластина; 5 – подложка
Рис.52 Сварка трех- и много- слойных плоских соединений одновременно одним зарядом ВВ



1 – детонатор; 2 – заряд ВВ; 3 – соединяемые трубы
Рис.53 Сварка взрывом стыка труб



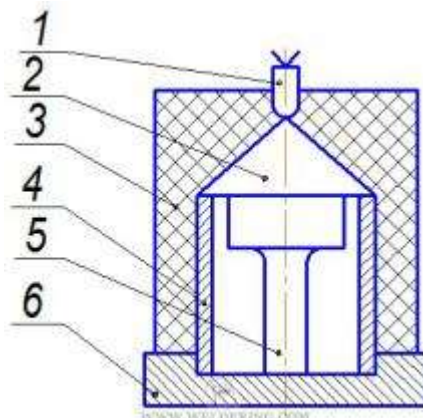
1 - детонатор 2-металлическая призма направления детонационной волны; 3-заряд ВВ; 4-облицо вы- ваемый лист; 5-метаемые листы; 6-центрирующее основание.
Рис.54 Приварка двух наружных слоев к листу взрывом одной точки



1 – детонатор; 2 – металлический конус для на- правления детонационной волны; 3 – заряд ВВ; 4 – метаемая труба; 5 – облицовываемый цилиндр; 6 – грунт.
Рис.55 Наружная облицовка цилиндрических тел кольцевым зарядом ВВ

Наряду со сваркой листовых деталей применяются и другие техноло- гические схемы, представленные на рисунках 52 - 55.

Сварка взрывом начинает использоваться для стыковых нахлесточных соединений некоторых готовых элементов конструкций. Перспективное применение сварки взрывом для соединения армированных металлов, полу- чения из порошков монолитных металлов и сплавов



1-детонатор; 2-металлический конус для направления детонационной волны; 3 - заряд ВВ;
4 - метаемая труба; 5 - облицовываемый цилиндр; 6 - центрирующее основание.
Рис.56 Сварка биметаллических цилиндрических заготовок переменного диаметра.

При сварке листовых деталей основными параметрами режима являются:

- угол установки деталей $\alpha = 2...16^\circ$;
- первоначальный зазор $h = 2...13$ мм;
- скорость детонации ВВ $V_d = 2500...3500$ м/с;
- скорость соударения V_c ;
- скорость перемещения точки соударения V_k .

На практике для определения режимов сварки взрывом последовательно выбирают необходимую скорость детонации ($V_d = 2500...3500$ м/с), величину зазора h и угол наклона α . Возможна сварка деталей без зазора с $h = 0$ и углом $\alpha = 0^\circ$. Если основные параметры выбраны оптимальными, то получается высококачественное сварное соединение, равное по прочности основному металлу.

Сварные соединения, полученные взрывом, обладают достаточно большими прочностными свойствами. При испытаниях разрушение образцов, как правило, происходит по наименее прочному металлу пары на некотором расстоянии от плоскости соединения.

При сварке листовых деталей взрывом соединение наблюдается практически по всей поверхности. Таким образом изготавливают биметаллические материалы, которые применяются в конструкциях непосредственно после сварки или после прокатки, с помощью которой изготавливаются листы необходимых размеров и толщины. Можно также получить не только двухслойный, но и многослойный биметаллический материал.

К недостаткам процесса можно отнести трудность сварки малопластичных, хрупких металлов (чугуна, высокопрочных титановых сплавов), разрушающихся при взрывном нагружении.

Практическое занятие № 17. Термитная сварка

Цель работы: изучение процесса термитной сварки, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать принцип её действия.

Выявить перспективные области её применения

Теоретический материал:

Термитная сварка – сварочные работы, при которых используется термитный состав – порошковая смесь из алюминиевой или магниевой пудры, которая в равных пропорциях смешивается с металлической окалиной и присадочными горючими элементами металлического происхождения.

Сфера применения термитной сварки

Термит из алюминиевой пудры используется в тех случаях, когда необходимо сделать наплавку на запасные части или детали, а так же при сваривании рельсов и чугуна, а так же хрупких металлических сплавов.

Сварочный термит из производных магния используют, когда необходимо варить электрические коммуникации, телефонные провода и прочее.

Усовершенствование всех технических сфер, естественно, не могло пройти мимо и индустрии сварочных аппаратов. На смену надежных, но громоздких и тяжелых агрегатов советской эпохи пришли новые современные модели постоянного тока.

Читайте публикацию о сварочных инверторах.

О сварочном полуавтомате читайте здесь.

Впервые такой вид сварки был применен еще в начале двадцатого века, но его предпосылки появились значительно раньше в кузнечном производстве.

Тогда для производства термитной сварки использовалась сера вперемешку с металлической окалиной, сера поджигалась в больших количествах в отдельной емкости и оплавляла стальную стружку, приготавливая расплав для сварки.

процесс термитной сварки

Вся сущность процесса данного вида сварки заключается в восстановительных свойствах алюминия или магния, который при попадании на металл с оксидной пленкой, начинает восстановительную реакцию замещения с огромным выделением тепла – экзотермическая реакция. Благодаря выделению тепла и происходит образование сварочной ванны или наплавки.

Для запыла термитной смеси используют или высокочастотный разряд тока или воздействие пиропатроном (в случае с порошковой сваркой, когда порошковый состав наносится на место предполагаемого шва).

При сгорании термитной взвеси происходит оплавление окислы, которая входит в состав термитной сварки как следствие – образование сварочного шва из расплавленной стали и оплавленных кромок.

Термитную сварку можно провести следующим образом:

в стыке двух заготовок;
литье в промежуток, когда термит насыпается в промежутки между заготовками или в каверны на запасных частях;
комбинация;
дуплекс.

Первый способ является наиболее трудным с технологической точки зрения. Сначала необходимо зачистить поверхности металлов, который будет вариться между собой.

После этого необходимо установить на саму заготовку кроме кромок термальную пленку, которая помешает развитию пластичности по всей заготовке. Термит сжимается в отдельном тигле, после чего на стык заготовок проливается расплавленная сталь от сгорания термита, в этот момент очень важно воздействовать на заготовки сжатием, сжимая их между собой.

От нагрева произойдут пластические изменения в металле, и заготовки сварятся между собой, формируя шов.

Алюминотермитная сварка в промежуток самой простой. Термит так же сжигается в отдельной формочке-тигле, после чего сталь выливается в зазор между заготовками.

Происходит взаимное оплавление кромок, деформация. При сжатии заготовок между собой происходит их неразъемное соединение металlosвязью.

Комбинированный способ одновременно соблюдает технологию способов промежуточного литья и литья в стык.

Используется метод при сваривании рельсов. Вся технология процесса выглядит следующим образом: кромки рельсов подрезаются место их зачистки, между рельсами укладывается тонкая стальная пластина, а рельсы сильно сжимаются между собой – это приводит к деформации пластины и ее пластическому сжатию.

Появляется зазор, в который заливается расплавленная сталь из отдельного тигля, где предварительно сожгли термитную смесь. Для этого способа используется только алюминиевая пудра.

Дуплекс производится точно так же, как и промежуточная сварка термит. Только вводят дополнительную процедуру сжатия оплавленного зазора между металлическими фрагментами для сварки.

Оборудование для термитной сварки

Оборудование для проведения сварки:

керамический несгораемый тигель или тигель из вольфрама с возможностью слива расплавленного металла; формы для отливки;

приспособления для закрепления заготовок и сжатия – струбцины, тиски;

специальные инструменты (кислородный резак, домик для выпуска металла, приемник для тигля, ползковый термометр, горелка и пр.),

инструменты общего назначения (шлифовальный круг, проволочная щетка, кузнечное зубило и пр.).

Особенности термитной сварки

Преимущества:

данный вид сварки способен производить очень крепкие и надежные сварочные соединения с высоким пределом к разрушению;

вся технология крайне проста и доступна, как для промышленного применения, так и для частного;

маленькие типоразмеры и компактность производства.

Термитная сварка не является инновационным методом производства, сам процесс известен в промышленности уже около 50 лет, но несмотря на это метод активно и широко применяется в металлургической промышленности.

Практическое занятие № 18. Тема: Изучение типовых операций заготовительного производства

Цель работы: изучение типовых операций заготовительного производства и областей их применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать процесс их выполнения и области применения.

Описать методы механизации типовых операций заготовительного производства.

Теоретический материал:

Сварочное производство — это комплекс технологических различных операций по изготовлению сварной конструкции в законченном виде.

Комплекс состоит из следующих операций:

- 1 — заготовительные (в том числе с дробе- или песко-очисткой);
- 2 — сборочные;
- 3 — сварочные;
- 4 — отделочные;
- 5 — вспомогательные;
- 6 — контрольные.

Каждая из перечисленных операций содержит определенный вид работ.

Заготовительные операции предусматривают изготовление заготовок и готовых деталей для сварных узлов различными способами.

Резка механическая и рубка — выполняются на листовых и комбинированных ножницах.

Резка заготовок термическим способом осуществляется ручной и машинной кислородной и плазменно-дуговой резкой.

Пробивку отверстий, гибку деталей и вырубку уступов производят на механических прессах в специальных штампах; гибку — в штампах или гибочных станках.

Правка заготовок, полос, листов выполняется на вальцах, механических и гидравлических прессах.

Зачистку заусенцев, окалины, ржавчины делают в галтовочных барабанах, либо дробеочисткой, а иногда — вручную.

Часто заготовки проходят различные виды механической обработки — точение, строгание, сверление, фрезерование, когда это требуется по чертежу. Заготовки часто подвергаются правке (рихтовке) на гидравлических прессах и механических — фрикционных.

При холодной гибке необходимо соблюдать условие, когда внутренний радиусгиба $R \geq 25S_{\text{листа}}$ (или $R/S \geq 25$), чтобы не было трещин.

Сборочная операция — предусматривает сборку и прихватку деталей перед сваркой. В процессе сборки детали закрепляют прижимами в приспособ-

соблениях, стендах, а иногда устанавливают ручную по разметке перед прихваткой.

Назначение приспособлений — обеспечивать быструю и точную сборку, стыковку элементов с удобством прихватки и последующей сварки с максимальным количеством сварки в нижнем положении.

В производстве чем больше серия изготавливаемых деталей, тем выше степень механизации сварочных операций.

Универсальные приспособления бывают переносные и стационарные. Элементы прижима заготовок в приспособлениях перед прихваткой применяют различные: рычажные, эксцентриковые, клиновые, стяжки, струбцины, пневмо- и гидравлические прижимы.

Стационарные приспособления — по функциональному назначению бывают самые различные, но они также имеют определенные виды прижимов.

Операции сборки под сварку зачастую не представляют особых технических трудностей, но порядок и количество прихваток, а также их размеры влияют на качество сварной конструкции.

Прихватки должны быть длиной не более 20 мм, сечением 0,5 от сечения будущего шва и только в перекрываемых участках шва. Сварочный ток при прихватках должен быть выше сварочного на 20%, чтобы обеспечивался четкий провар при прихватке. Прихватки нужно выполнять «вразброс» — по логике ожидаемых деформаций и внутренних напряжений.

Практическое занятие № 19. Особенности слесарных операций перед сборкой и сваркой цветных металлов и чугунов

Цель работы: изучить особенности слесарных операций перед сборкой и сваркой цветных металлов и чугунов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать основные виды слесарных операций.

Теоретический материал:

Качественно выполнить соединение удастся только при соблюдении определенных требований:

Сочленения заготовок выполняют исключительно в местах, к которым обеспечен свободный доступ. Требование актуально, даже если соединения выполняются при использовании дополнительных приспособлений.

Заготовки закрепляются только жестко, точно и в положении, предусмотренном проектом. Это предотвратит появление деформаций.

Исключаются изменения положений изделий для предотвращения образования перекосов.

Любой процесс заранее планируется, чтобы каждая последующая операция осуществлялась без затруднений.

Обязательно также соблюдается техника безопасности при подготовке металла к сварке, так как во время такой работы нередко применяется опасный инструмент, включая болгарку (углошлифовальная электрическая машинка).

В процессе подготовки к сварке необходимо выполнить следующие мероприятия:

- проверить, что электрическая сеть позволяет подключить сварочный аппарат и способна выдержать его нагрузку;

- убедиться, что силовой кабель имеет исправную изоляцию;

- проверить полную исправность всего вспомогательного оборудования, часть из которого является особо опасным (болгарка).

Необходимо также позаботиться о защите глаз от излучения электрической дуги. Для этого используются специальные маски, очки и щитки сварщика. Органы дыхания тоже подлежат защите. Это особенно актуально, если работы осуществляются в закрытых помещениях. Для защиты органов дыхания от вредных газов применяются маски со специальными фильтрами. Необходимо также не забыть про спецодежду, включая, краги, ботинки, огнезащитные куртки, комбинезоны, брюки и другие подобные вещи.

Абсолютно все подготовительные операции, предшествующие свариванию деталей, проводятся в соответствии с техническими условиями, определенными технологией.

Совет! После завершения создания металлической конструкции необходимо у готового изделия проверить швы и размеры, которые обязаны соответствовать расчетным габаритам.

Правка и гибка

Устранение любых неровностей на металле является обязательным процессом при его подготовке к сварке. Требуется ликвидировать на материале все дефекты, включая кривизну. Его правка осуществляется с помощью давления.

Совет! Правку нужно проводить для цветных и черных металлов. Они могут быть горячими и холодными. У прутьев, проволоки, труб, полос, стальных кругов также необходимо устранить дефекты.

Мероприятие осуществляется следующими способами:

машинным методом при использовании специальных правильных устройств;

вручную при помощи молотка, наковальни, правильных плит из чугуна или стали.

Гибка металла является еще одним этапом подготовки материала к сварке. Во время мероприятия заготовка изгибается под требуемым углом с необходимым радиусом. В результате она приобретает нужную форму. Процесс проводится при помощи станков или ручным способом. Изгибание деталей осуществляется по шаблонам, образцам или на глаз.

Зачистка заготовок

С металла необходимо удалить любые загрязнения и инородные элементы. К ним относятся:

ржавчина;

масляные пятна;

окалины;

химические пленки;

влага.

Если пренебречь этим правилам, тогда в металле возникают напряжения, трещины, поры и другой брак. В результате существенно снижается надежность шва.

При зачистке заготовок используются специальные машины или наждачная бумага. Такой способ является механическим методом.

Совет! При необходимости получить шероховатую поверхность нужно провести гидроабразивную обработку.

Зачистка также выполняется химическим способом. Для этого применяются кислотные составы.

Разметка заготовок

В перечень слесарных операций при подготовке металла к сварке входит разметка деталей. При использовании листового материала вычерчивают на его поверхности контуры будущих заготовок. Одновременно с этим отмечают центры отверстий, выполняются пометки в местах, где будет происходить изгиб заготовок, и так далее. Работы осуществляются с высокой точностью. В противном случае увеличивается риск изготовления бракованной металлоконструкции.

Как только разметочные линии будут нанесены, выполняются углубления с помощью кернера. Это позволяет наметкам не исчезнуть при дальней-

шей обработке. Если проводится подготовка деталей из нержавеющей стали, то в этом случае использовать кернер не нужно.

Рубка заготовок

Во время подготовки материала проводится снятие фаски. На производстве для этого используют кромкострогальный станок. Может также применяться газорезательный автомат, гильотина или специальные ножницы. Работы еще выполняют зубилом. Оно может быть обыкновенным ручным или пневматическим.

Рубка металла осуществляется по рискам. Обычно они наносятся в количестве 2 штук. Вместо них могут использоваться параллельные линии. Внешняя черта всегда находится внизу фаски. Внутренняя линия обозначает ее верхнее ребро. Если же риски отсутствуют, тогда рабочий использует линейку.

Совет! Перед рубкой листы нужно тщательно закрепить.

Обработка кромок

Прочный сварной шов можно получить, если выполнить предварительную разделку кромок под сварку в зависимости от толщины металла. Благодаря этому процессу края материала приобретают определенную форму. Во время осуществления работ учитывается:

- угол обработки;
- зазор между 2-мя деталями;
- притупление;
- длина скоса.

Кромки разрезаются под углом, когда толщина листа превышает 3 мм. Если не выполнить скос, увеличивается вероятность непровара. Причем он может возникнуть по всему сечению. Металл также будет перегреваться и пережигаться, когда придется доставать его дальние слои.

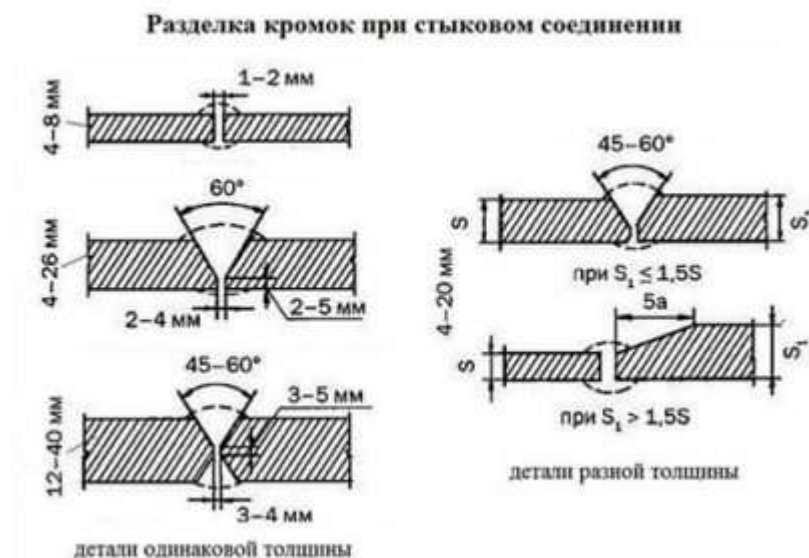


Рис.57 Разделка кромок при стыковом соединении

При соединении деталей без кромок рекомендуется увеличить сварочный ток. Если же разделка выполнена, тогда процесс осуществляется послойно. Зазор необходим для полноценного провара в месте шва, а скос позволяет получить плавный переход между изделиями, когда детали отличаются толщиной.

Не рекомендуется делать острые кромки. Они влияют на неустойчивость конструкции после сварки. Из-за острых торцов возникают деформации и прожоги. Для уменьшения вероятности появления таких дефектов кромки притупляют. Когда создаются соединения внахлест и встык — осуществляется смещение. В результате сечения у кромок приобретают подходящую форму, соответствующую ГОСТ.

Подготовка торцов материала проводится на современных станках с помощью газокислородного пламени. Еще используется зубило, когда объем работы небольшой. Нержавеющая и цветная сталь обрабатывается при помощи плазменной резки.

Прихватка заготовок

Этот процесс требуется выполнить, чтобы зафиксировать подготовленные детали перед сваркой. В результате они будут находиться в правильном положении после проведенных работ. В большинстве случаев недостаточно заготовки просто рядом положить или закрепить с помощью инструмента. Часто приварка выполняется в начале и в конце создаваемого соединения. Главное условие процедуры — детали не должны смещаться. После выполнения прихватки конструкцию разрешенного перемещать для проведения основного процесса. Без этой процедуры редко создается горизонтальный шов.

Процесс осуществляется током, сила которого на 20% больше, чем амперы, используемые в дальнейшем. Длина прихваток обязана не превышать 20 мм, а их толщина должна быть в 2 раза меньше такого же параметра сварного шва.

Термическая обработка

Металл необходимо обязательно нагревать до основных сварочных работ, если он характеризуется повышенной чувствительностью к перепадам температур. Это мероприятие позволяет избежать деформационных процессов. Работа осуществляется при использовании газовой горелки.

Подогрев стыков особенно часто осуществляется при соединении труб. На необходимость выполнения мероприятия влияет марка стали. Если толщина стенок труб составляет 5-10 мм, тогда работа проводится электродами, имеющими рутиловое покрытие. Температура окружающей атмосферы не должна быть ниже -20 градусов. Когда толщина стенок труб превышает 10 мм, то в этом случае обязательно осуществляется термообработка.

Соблюдая требования к сборке и разделке кромок при подготовке металла к сварке, удастся создавать качественные соединения металлических деталей. В соответствии с ГОСТ обязательно нужно выполнять подготовительные работы независимо от используемого сварочного аппарата и условий проведения операции.

Практическое занятие № 20. Изучение нормативно-технической документации на сварочные технологические процессы

Цель работы: Изучение нормативно-технической документации на сварочные технологические процессы

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить основные нормирующие документы сварочного производства и охарактеризовать их.

Теоретический материал:

Нормативно-техническая документация на сварку : классификация видов

Различают основные и вспомогательные документы. Основные документы бывают общего и специального назначений.

Основные документы полностью и однозначно определяют технологический процесс (операцию) изготовления изделий и содержат информацию, необходимую и достаточную для решения инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач.

Вспомогательные документы применяют при разработке, внедрении и функционировании технологического процесса (операции).

Нормативно-техническая документация заполняется по правилам, изложенным в ГОСТ 3.1705-81.

Документы общего назначения применяют в отдельности или в комплексе на технологический процесс сварки (далее - ТП) вне зависимости от методов изготовления изделий.

К ним относятся: титульный лист (ТЛ), карта эскизов (КЭ), технологическая инструкция (ТИ).

Документы специального назначения применяют при описании ТП (операции) в зависимости от видов процессов изготовления изделий, типа и вида производства. К ним относятся:

- маршрутная карта (МК);
- карта ТП (КТП);
- карта типового ТП (КТТП);
- универсальная карта КТП (КТТПН);
- операционная карта (ОК);
- карта типовой операции (КТО);
- комплектующая карта (КК);
- техничко-нормировочная карта (ТНК);
- карта кодирования информации (ККИ);
- ведомость технологических маршрутов (ВТМ);
- ведомость оснастки (ВО);
- ведомость оборудования (ВОБ);
- ведомость материалов (ВМ) и др.

Комплектность документов определяют в зависимости от типа производства (единичное, серийное, массовое) и видов разрабатываемых процессов по их организации (единичный, типовой, групповой).

Каждый разработанный документ должен иметь самостоятельное обозначение.

Пример. ТД-0229014, где 02 - комплект документов ТП, 2 - типовой процесс, 90 сварка, 14 - рельефная сварка.

Нормативно-техническая документация
на сварку : общие правила заполнения

Терминология и классификация видов сварки, сварных соединений, швов, оборудования и материалов должны соответствовать ГОСТ 2601-84' и 19521-74.

Унифицированная запись наименований операций (переходов) должна выполняться в МК, КТП, КТТП, ОК, ВО, ВОБ. Применяют три формы записи: полную, краткую, по кодовым обозначениям.

Полную запись применяют в МК при маршрутном описании ТП для единичного и мелкосерийного производства, а также в МК, КТП (КТТП), ОК при операционном и маршрутнооперационном описании ТП, если входящие в операцию переходы не различаются по способу сварки.

Если же они разнятся по способу сварки, то применяют краткую запись в нормативно-технической документации любого вида. Краткую запись практикуют также при операционном и маршрутно-операционном описании ТП.

Нумерацию операций ТП проставляют числами ряда арифметической прогрессии 5, 10, 15 и т.д. При корректировании ТП вновь вводимым операциям присваивают промежуточные номера, не кратные 5. Унифицированная запись операции (перехода) должна содержать ключевые слова:

наименование, номер позиции, указания на выполняемые по эскизу сварные швы детали;

наименование способа сварки;

информацию о прихватках;

наименование способа выполнения операции, перехода (по разметке, по упору и т.п.);

особые условия сварки (положение, последовательность выполнения швов, температуру подогрева и т.п.) и дополнительные требования к выполнению операции (это указывают в графе «Особые указания»);

информацию о безопасности труда;

ссылку на документы, содержащие информацию, которая дополняет или разъясняет текстовую запись (чертеж, эскиз).

При описании операций указывают в технологической последовательности переходы, установки, сборки, сварки, зачистки и др., если их выполняют на том же рабочем месте, где идет сварка, и те же исполнители.

Нумерацию переходов в ТП проставляют числами натурального ряда (1, 2, 3, ...).

Практическое занятие № 21. Изучение технологической последовательности сборки-сварки двутавровых и коробчатых балок

Цель работы: Изучение технологической последовательности сборки-сварки двутавровых и коробчатых балок.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту.

Теоретический материал:

В местах концентрации напряжений суммарная величина их может превысить временное сопротивление разрыву наплавленного металла, что вызовет начало разрушения сварного шва. А в отдельных случаях приводит к разрушению сварной конструкции в целом. Причинами возникновения напряжений и деформаций при сварке являются: неравномерное нагревание металла, литейная усадка расплавленного металла, структурные превращения в металле.

Для борьбы с деформациями принимаются следующие меры.

Мероприятия, выполняемые до сварки.

Рациональное конструирование сварных изделий. В процессе конструирования необходимо: ограничивать количество наплавленного металла уменьшением катетов швов или угла скоса кромок; не допускать пересечения большого количества швов; не располагать сварные швы там, где действуют максимальные напряжения от внешних нагрузок, и размещать их симметрично; применять преимущественно стыковые швы и т. п.

Правильная сборка деталей с учетом возможных деформаций. При этом наиболее часто применяют метод обратных деформаций (рис. 1). Зная, что шов после охлаждения всегда сокращается в размерах, можно заранее предугадать характер возможных напряжений и деформаций и произвести предварительный выгиб свариваемых деталей и противоположную сторону. Величина обратного выгиба определяется расчетным или опытным путем.

При сборке деталей следует избегать прихваток, которые создают жесткое закрепление деталей и способствуют возникновению значительных остаточных напряжений. Лучше применять сборочные приспособления, допускающие некоторое перемещение деталей при усадке металла.

Мероприятия, выполняемые в процессе сварки.

Рациональная последовательность наложения сварных швов. Сварные конструкции следует готовить так, чтобы замыкающие швы, создающие жесткий контур, заваривались в последнюю очередь. Сварку нужно вести от середины конструкции к ее краям, как бы сгоня при этом внутренние напряжения наружу. Каждый последующий шов при многослойной сварке рекомендуется накладывать в направлении, обратном направлению предыдущего шва.

При сварке полотнищ из отдельных листов в первую очередь нужно выполнять поперечные швы отдельных поясов, чтобы обеспечить их свобод-

ную усадку, а затем сваривать пояса между собой продольными швами. В противном случае возможно образование трещин в местах пересечения поперечных и продольных швов.

При сварке двутавровых балок в первую очередь выполняют стыковые соединения стенок и полок, а затем - угловые поясные швы.

При сварке цилиндрических сосудов из нескольких обечаек сначала выполняют продольные швы обечаек, а затем обечайки сваривают между собой кольцевыми швами. При ручной и механизированной сварке швы большой протяженности рекомендуется накладывать в обратноступенчатом порядке.

Швы выполняют в такой последовательности, при которой последующий шов вызывает деформации обратного направления по сравнению с деформациями от предыдущего шва. Этот способ может быть использован при симметричном расположении швов.

Жесткое закрепление деталей при сварке. В этом случае детали закрепляют в сборочно-сварочных приспособлениях, обладающих значительной жесткостью. После сварки в таких приспособлениях короблений деталей почти не будет, но в сварных швах возрастут внутренние напряжения.

Балки коробчатого сечения сложнее в изготовлении, чем двутавровые. Но они имеют большую жесткость на кручение и поэтому широко применяются в конструкциях крановых мостов и подкрановых балках. При большой длине таких балок полки и стенки сваривают встык из нескольких листов.

Сборка коробчатых балок проводится:

на стеллажах с применением переносных сборочных устройств;

в кондукторах;

на стенде с самоходным порталом.

Сборка на стеллажах осуществляется в следующем порядке

а) на стеллажах укладывают верхний пояс (верхнюю полку). На ней размечают места установки диафрагм. С помощью крана выставляют диафрагмы по угольнику, прихватывают и приваривают.

б) краном выставляют на полку обе стенки и с помощью переносных сборочных устройств прижимают к диафрагмам. Стенки прихватывают к полкам диафрагмам. После этого зажимные устройства снимают.

в) собранную полку балки кантуют на 90^0 и приваривают диафрагмы к одной стенке, а после кантовки на 180^0 – к другой.

г) после окончательной приварки диафрагм балку устанавливают в первоначальное положение. Краном устанавливают 2-ую (нижнюю) полку, прихватывают и балку передают на сварку.

Прихватки и сварку диафрагм осуществляют РДС или механизированной сваркой в CO_2 , а поясные швы варят АДС под флюсом.

Сборка в кондукторе. Общая последовательность сборки и сварки в кондукторе такая же, как и на стеллажах. А прижатие стенок к диафрагмам, полки к стенкам в кондукторе производится пневмо или гидropriжимами.

Кантовка балки и приварка стенок к диафрагмам производится за пределами кондуктора.

Сборка на стенде с передвижным порталом применяется для изготовления балок большой длины в условиях заводов металлоконструкций и машиностроительных заводов. Портал состоит из рамы, вертикального и горизонтального прижимов с пневмоцилиндрами, захватов и ходовой части. Захваты и вертикальный прижим образуют замкнутую силовую систему, разгружающую раму и ходовую часть портала от вертикального усилия.

Предварительно производится сборка-сварка пояса с диафрагмами. С помощью крана на полку устанавливаются стенки и удерживаются вертикально специальными ручными стяжками. Портал устанавливается против места прихватки (начиная с конца балки), включаются прижимы и производится прихватка боковых стенок.

После этого прижимы отводят, портал передвигают вдоль балки к месту следующих прихваток, и цикл повторяется. После прихватки стенок устанавливается нижний пояс и последовательно прижимается и прихватывается к стенкам по всей длине балки.

Передвижные порталы с пневмоцилиндрами применяют для балок с размерами:

- высота ~ до 1,5м;
- ширина ~ до 1м;
- толщина стенок ~ до 6мм;
- толщина пояса ~ 14мм.

усилие вертикального прижима до 4т (40кН), а горизонтального – по 1т (10кН). Скорость передвижения – 30м/мин.

Для балок с небольшими размерами порталы выполняются несамоходными. Для сборки крупных коробчатых балок высотой до 3м, длиной до 10м, с толщиной стенки до 16мм и пояса до 60мм применяют самоходные порталы с гидropriжимами: вертикальные до 21т, горизонтальные до 2,3т. Сварку поясных швов под слоем флюса ведут наклонным электродом, а возможный подрез менее опасен, чем у двутавра, т.к. нагрузка передается с полки на стенку через диафрагмы.

Монтажные стыки балок.

При монтаже конструкций нередко возникает необходимость стыковки балок. Применяют 3 типа стыков двутавровых балок. Раздвинутый стык применяют как технологический, а обычно – совмещенный стык, выполняемый РДС или полуавтоматом в CO_2 . Последовательность выполнения стыковых швов поясов и стенки назначают из следующих соображений:

Если в 1-ю очередь сваривать стыки поясов, то стык стенки придется варить в условиях жесткого закрепления. Поэтому после выполнения шва в стенке возникают большие растягивающие напряжения, что может вызвать трещины.

Если сначала варить стык стенки, а потом стыки полок, то в швах полок вследствие их поперечной усадки возникают большие остаточные напряжения растяжения. В худшем положении при действии рабочих нагрузок будет шов нижнего пояса.

На практике поясные швы иногда не доваривают на заводе на величину отпуска L. На монтаже варят стыки по 1-му или 2-му варианту, а затем доваривают поясные швы. Назначение отпуска – дать возможность при заварке стыка стенки полностью деформироваться, что снижает уровень остаточных напряжений. Но при этом может быть коробление полок.

Поэтому в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы стыков балки, размеров сечений и т.д. оптимальная технология может быть различной.

Для стыков, работающих под статической нагрузкой, часто применяют соединение с накладками. Они менее прочны, но технологически проще, хотя требуют дополнительного расхода металла. Для вибрационных нагрузок такие соединения непригодны.

Технология изготовления рам.

Рамные конструкции представляют собой систему жестко соединенных балок или профильных элементов. Рамы входят в состав различных транспортных устройств (вагонов, автомобилей, мостовых кранов), приводов, металлоформ и т.д.

Сборка рамы заключается в придании её элементам проектного положения. При этом большое значение имеет последовательность сборочно-сварочных операций. Возможны следующие варианты:

- сварка после полного завершения сборки;
- попеременно сборка и сварка;
- поузловая сборка-сварка.

Для рам рекомендуется поузловая, с последующей общей сборкой и сваркой. Например, конструкция мостового крана, состоящая из 2-х пролетных балок и 2-х концевых.

Если рама не разбивается на самостоятельные узлы, то применяют последовательную сборку-сварку. При этом в 1-ю очередь собирают и прихватывают наиболее жесткую часть рамы, а затем к ней прихватывают остальные части.

Попеременная сборка-сварка применяется, когда полная сборка конструкции затрудняет доступ к сварным швам.

Сборка рам проводится:

- на стеллажах по разметке;
- на стендах с передвижными порталами и стеллажами или плитами;
- в кондукторах.

Стенды с порталами применяют в серийном производстве для сборки плоских рам, детали которых прижимают к основанию или другим деталям вертикальными прижимами порталы.

Применение УСП позволяет перестраивать на другие типоразмеры рам и отказаться от передвижного портала. Кондукторы используют в серийном и массовом производстве для сборки одного или нескольких типоразмеров рам. Для сварки рам применяют полуавтоматы для сварки в защитных газах и РДС.

Практическое занятие № 22. Изучение технологической последовательности сборки-сварки рамных конструкций

Цель работы: Изучение технологической последовательности сборки-сварки рамных конструкций.

Ход работы:

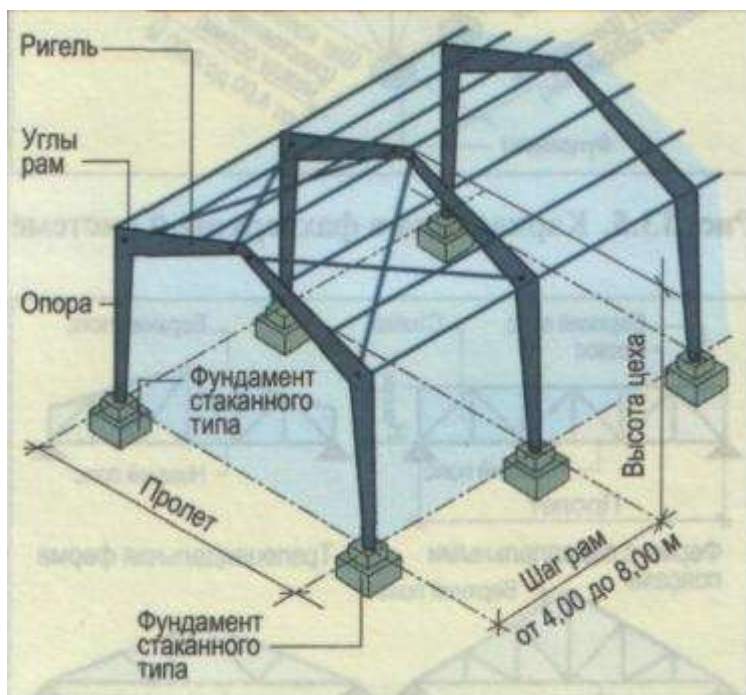
Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту.

Теоретический материал:

Рамы представляют собой плоские конструкции, состоящие из прямолинейных, ломаных или криволинейных пролетных элементов, называемых ригелями рамы, и жестко связанных с ними вертикальных или наклонных элементов, называемых стойками рамы. Благодаря жесткому сопряжению ригеля и стоек в рамных конструкциях по сравнению с аналогичной поперечной рамой в виде фермы или балки, шарнирно опертой на колонны, достигается более эффективное использование металла и значительно повышается жесткость ригеля. Рамы целесообразно проектировать при пролетах более 60 м, однако они могут успешно конкурировать с фермами и балками при пролетах 24—60 м. В статическом отношении рамы могут быть трехшарнирными, двухшарнирными и, бесшарнирными. Трехшарнирные рамы наи-



более металлоемки, поэтому их использование ограничено небольшими пролетами и высотами. Их применяют в том случае, когда пролет и высота позволяют полностью изготовить полураму в заводских условиях и транспортировать на строительную площадку. Двухшарнирные рамы имеют наиболее широкое применение, так как в них достаточно полно проявляется эффект защемления ригеля в стойках и они мало чувствительны к осадке фундаментов.

Рис.58 Схема рамной конструкции

Практическое занятие № 23. Изучение технологической последовательности сборки-сварки емкостей, резервуаров и сварных сосудов

Цель работы: Изучение технологической последовательности сборки-сварки емкостей, резервуаров и сварных сосудов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту.

Теоретический материал:

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

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

На такой установке (рис. 59, а-в) сборочную и сварочную операции можно выполнять на разных позициях, связанных транспортирующим устройством, например планшайбой 1 с шаговым поворотом, на которой закреплены консольные балки 2, 6 и 9, несущие сварочную подкладку. От обечайки, расположенных на наклонном накопителе 5, отсекателем 7 отделяется одна, которая скатывается на приемное место 10 тележки 8. При движении этой тележки обечайка надвигается на консоль 6 планшайбы, находящейся в положении приема, опускается на нее, а тележка отходит в исходное положение. Оператор ориентирует одну из кромок вдоль оси канавки 12 подкладки и фиксирует ее вакуумными присосками 13, вторую кромку устанавливают впритык к первой. Сборочная операция при необходимости завершается установкой заходных планок и нажатием кнопки, снимающей ограничение автоматического включения шагового поворота. Точная установка стыка под сварочную головку обеспечивается конусным фиксатором 4, который одновременно используется для поддержания конца консольной балки 2 при зажатии кромок обечайки клавишными прижимами 11 балки портала 3. Операция сварки в этом случае может осуществляться без участия оператора. По ее окончании клавишные прижимы и фиксатор отходят, и поворот планшайбы 1 (рис. 59, а) переносит сваренную обечайку на позицию съема, где она подхватывается приемным устройством тележки.

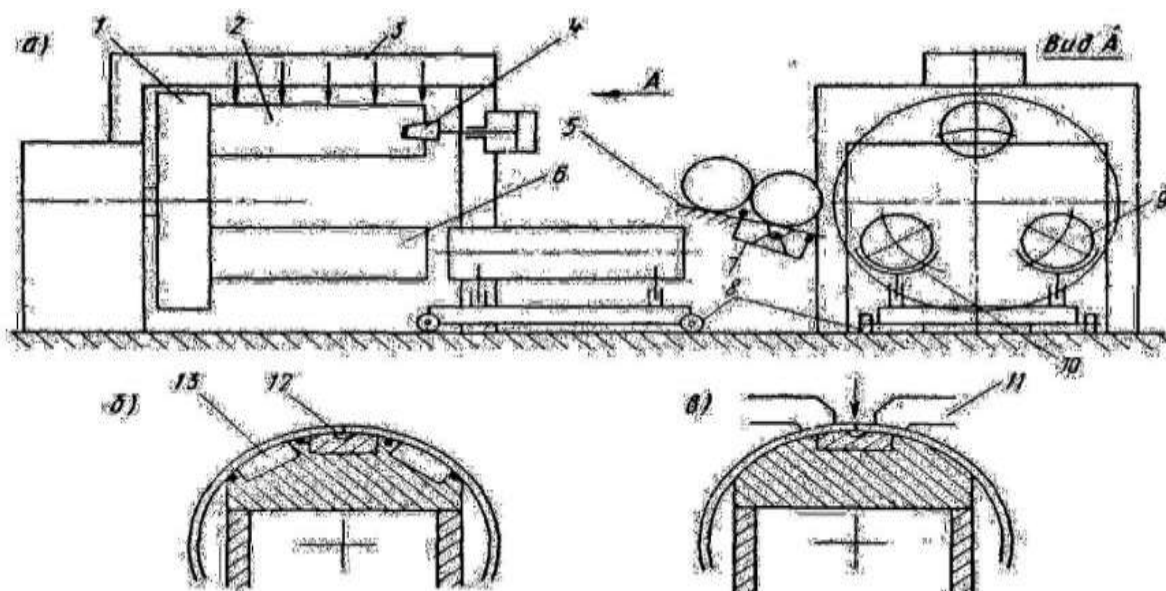


Рис.59 Полуавтоматическая установка для сборки и сварки продольного стыка обечайки

Характерным примером химического аппарата может служить теплообменник кожухотрубчатого типа (рис. 60). Можно видеть, что его конструктивное оформление сводится к / комбинации пластин, оболочек и труб разнообразных сечений и очертаний. Цилиндрические сосуды обычно собирают из нескольких обечаек и двух полусферических или эллиптических днищ. Обечайки вальцуют из одиночного листа или из сварной карты при расположении швов вдоль образующей. Днища либо сваривают из отдельных штампованных лепестков, либо штампуют целиком из листа или из сварной заготовки. Сборку и сварку цилиндрической части сосуда производят на роликовом стенде. Продольный стык обечайки собирают на прихватках с помощью простейших стяжных приспособлений. Сборка кольцевого стыка между обечайками является наиболее трудоемкой операцией. Для ее механизации роликовый стенд можно оборудовать установленной на тележке 5 скобой 1 (рис.3). Тележка передвигается вдоль стенда по рельсовому пути

Настройка скобы в вертикальной плоскости осуществляется тягой 4. Последовательность операций при сборке в этом случае такова. На роликовый стенд 6 краном подают две обечайки. Скобу продвигают так, чтобы опора 13 гидроцилиндра 10 оказалась в плоскости собираемого стыка, и закрепляют на первой обечайке включением гидроцилиндра 11. После того как торцовый гидроцилиндр 2, придвигая вторую обечайку к первой, установит требуемый зазор в стыке, гидроцилиндром 10 выравнивают кромки и ставят прихватку. Поворот собираемых обечаек на некоторый угол для постановки других прихваток требует не только отвода прижимов гидроцилиндром 10 и 11, но также и опор 12 и 13. Последнее осуществляется путем небольшого поворота скобы 1 вокруг оси 3 под действием штока 9 гидроцилиндра 10. Шток 9 при движении вниз, встретив неподвижную регулируемую опору 8, поднимает цилиндр, поворачивая скобу 1.

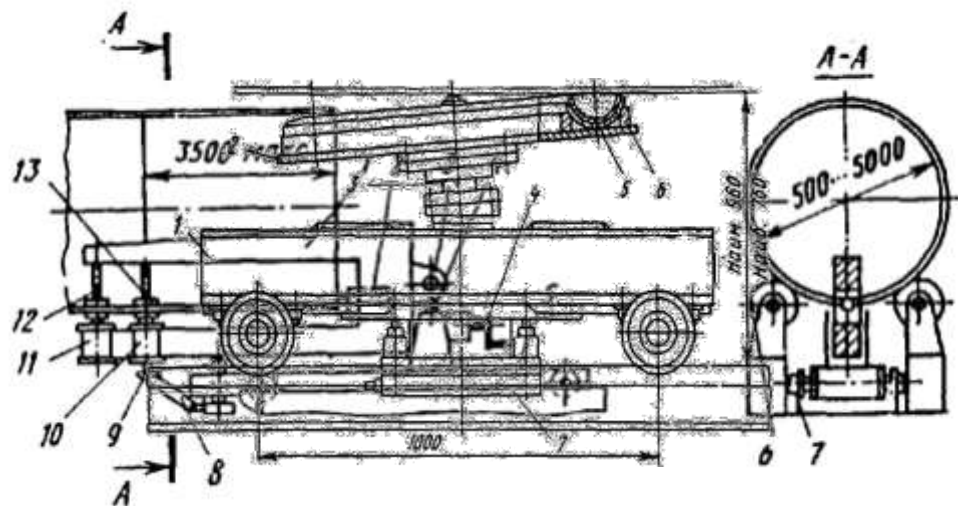


Рис.60 Кожухотрубчатый теплообменник с плавающим компенсатором

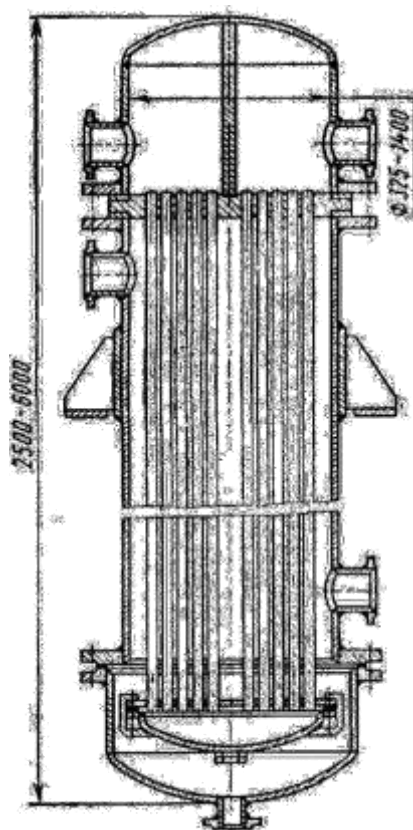


Рис.61 Установка для механизированной сборки кольцевых стыков цилиндрических сосудов

Сварка продольных и кольцевых швов сосудов со средней толщиной стенки выполняется чаще всего под флюсом с двух сторон. Выполнение первого слоя на весу требует тщательной сборки и ограничения размера зазора по всей длине шва. Поэтому роликовые стенды обычно оборудуют **флюсовыми подушками**, позволяющими производить сварку первого слоя шва без жесткого ограничения зазора в стыке. Флюсовая подушка для продольных швов представляет собой жесткий короб, закрепленный на тележке. Пневмоцилиндры поднимают короб до упора в изделие. Плотное прижатие флюса к стыку создается подачей сжатого воздуха в шланг. Поджатие флюса при сварке кольцевых швов может осуществляться с помощью подушки ременного типа (рис. 62). Движение ремня и подача флюса к месту горения дуги происходят вследствие сил трения.

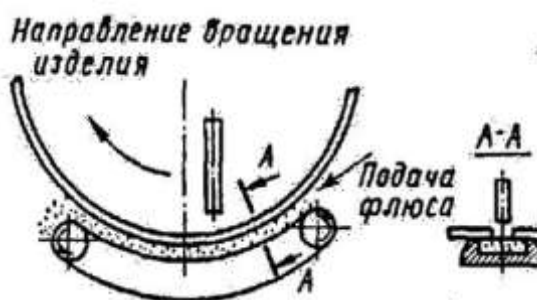


Рис. 62. Схема флюсоремненной подушки для сварки кольцевых стыков

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

При серийном изготовлении сосудов днища часто выполняют штамповкой целиком, причем листовая заготовка может быть сварной. В мелкосерийном и индивидуальном производствах днища обычно собирают и сваривают из отдельных штампованных элементов. В некоторых случаях емкости имеют эллиптическую или овальную форму поперечного сечения (бензово-

зы, автоцистерны для перевозки молока и др.). При автоматической сварке под флюсом стыков обечаек с днищами вращение сосуда необходимо осуществлять так, чтобы скорость сварки была постоянной, и в зоне дуги шов располагался горизонтально. Станок, схема которого показана на рис. 63, удовлетворяет этим требованиям. Копирный диск 8 имеет две беговые дорожки: наружную, по которой катится ведущий ролик приводного механизма 4, и внутреннюю - для опорного холостого ролика 6. Под действием пружинящего упора 7 копирный диск 8 оказывается зажатым между ведущим и опорным роликами, а его крайние положения ограничиваются холостыми роликами 5. Наружная беговая дорожка копирного диска 8 представляет собой овал, как у изделия. Цистерна, предварительно собранная на прихватках, подается на станок тележкой по рельсам 3 и закрепляется в плавающей скобе 9 зажимным центрирующим приспособлением 2, жестко связанным с копирным диском. Вес изделия уравнивается противовесом 1 с помощью подвижных рычагов 10. Наличие двух сварочных головок позволяет одновременно выполнять сварку обоих швов.

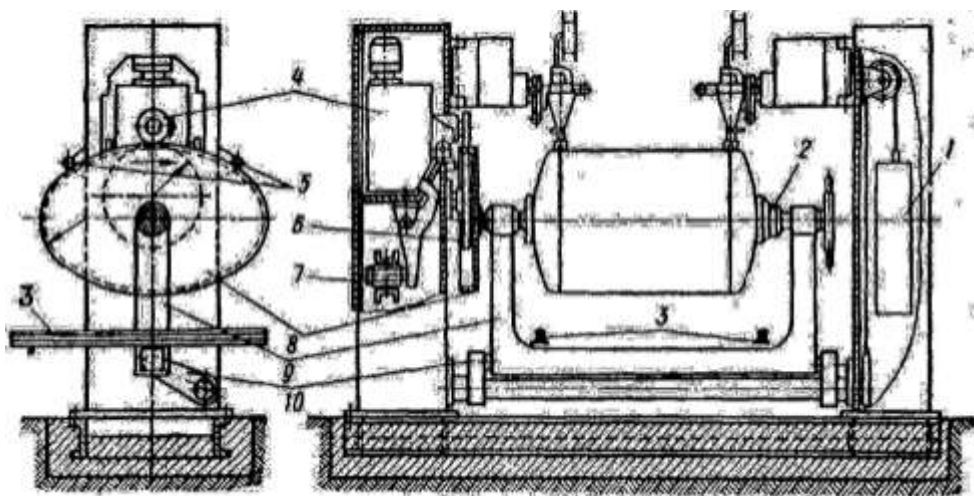


Рис. 63 Схема установки для автоматической сварки овальных сосудов

При серийном производстве сосудов используют поточные методы производства. Примером может служить изготовление железнодорожных цистерн на заводе тяжелого машиностроения. Цилиндрическую часть котла цистерны вместимостью 60 т составляют из пяти листов (рис. 64, а), ее поперечное сечение после вальцовки показано на рис. 7, б. Верхние 1 и средние 2 листы имеют толщину 8 мм, нижний лист 3...11 мм. Листы с механически обработанными кромками раскладывают на сборочном стенде,

стыковые швы полотнища собирают на прихватках с постановкой заходных и выходных планок. Собранный полотнище приподнимают системой

роликов и передают на сварочный стенд (рис 65). Кромки листов 1 прижимами 2 прижимаются к стенду, а флюсовые подушки 4 с пневмошлангами 5 обеспечивают поджатие флюса с нижней стороны. Четыре сварочные головки 3 Одновременно выполняют сварку всех продольных швов. После сварки с одной стороны кантователь переворачивает полотнище, а на второй сварочной установке одновременно сваривают все стыки. Далее полотнище с рольгангом подают в гибочные вальцы, где вальцуют вдоль швов в обечайку без предварительной подгибки кромок. После сборки и двусторонней сварки продольного стыка обечайку калибруют в гибочных вальцах, а затем устанавливают на роликовый конвейер связывающий ряд рабочих мест. На каждом рабочем месте обечайка с помощью подъемных поперечных роликовых опор поднимается над роликами конвейера и может поворачиваться в соответствии с технологическим процессом. По завершении операции обечайка опускается на роликовый конвейер и перемещается на следующее рабочее место.

Рис 64 Обечайка котла железнодорожной цистерны

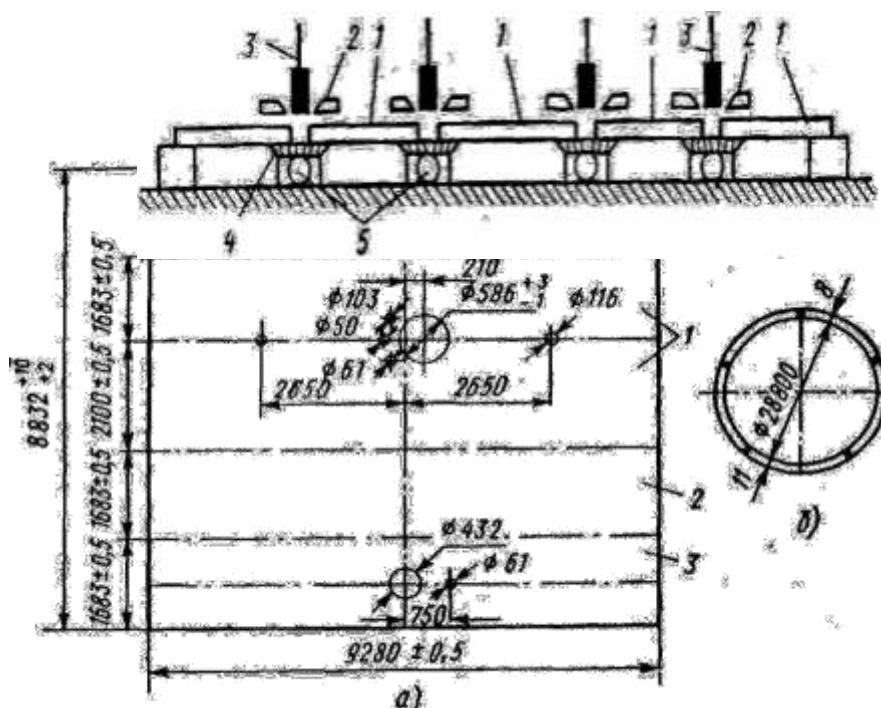


Рис. 65 Схема стенда для автоматической сварки листов обечайки

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

На второй позиции осуществляют сборку обечайки со штампованными днищами с помощью двух **центраторов**, оборудованных 26 радиальными пневмоцилиндрами (рис. 66). Внутри центраторов обечайка заводится рольгангом. Днища поступают на сборку после обрезки кромок. С помощью специального захвата днище в вертикальном положении краном подводят к обечайке, расположенной в центраторе, и первоначально закрепляют винтовыми торцовыми прижимами. Затем посекционным включением радиальных пневмоцилиндров производят выравнивание кромок кольцевого стыка и его прихватку.

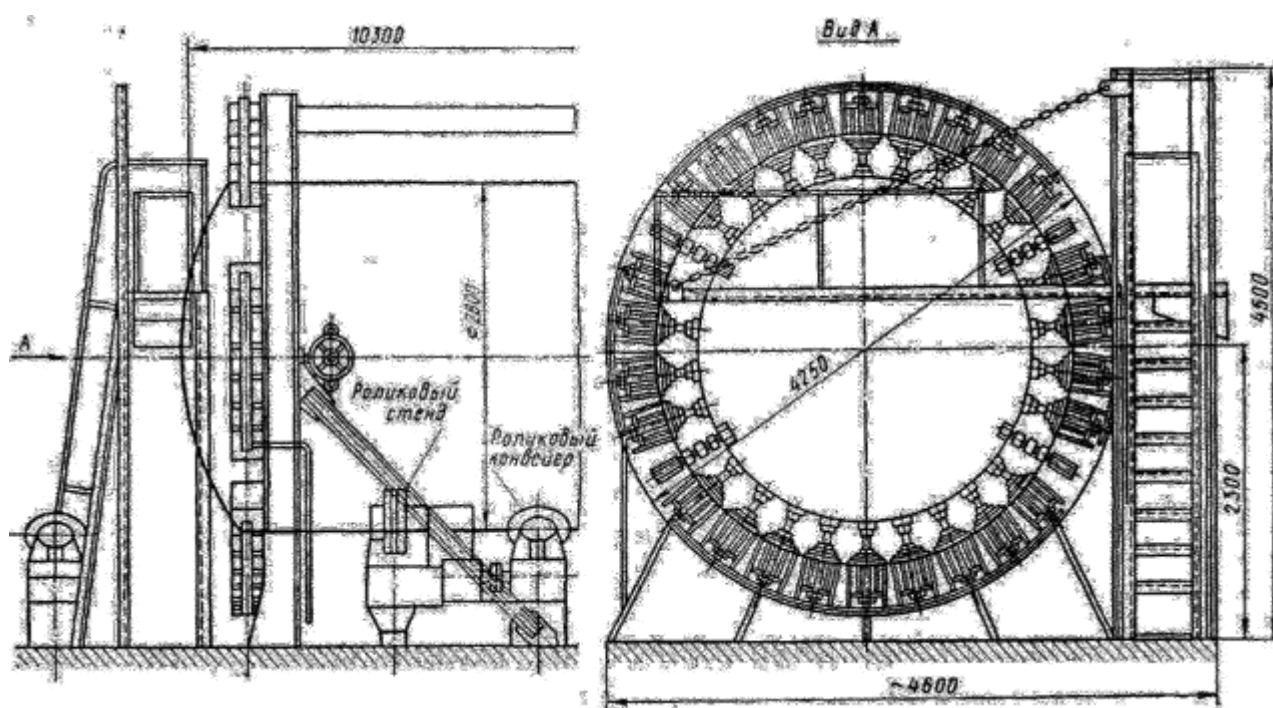


Рис. 66 Центратор для сборки днищ с обечайкой

Следующим рабочим местом является стенд для одновременной сварки двух внутренних кольцевых швов, который оборудован флюсоременными подушками. Изготовление цилиндрической части котла завершается на стенде для сварки наружных швов.

стенки сосудов и аппаратов приходится вваривать штуцера и патрубки, при этом их сварные соединения не должны снижать прочности сосуда. Примеры конструктивного оформления штуцеров в аппаратах химического производства показаны на рис 67, а-г.

Варианты с дополнительным усиливающим кольцом 1 (рис 67, *а*) и утолщенным патрубком 2 (рис. 67, *б*) технологически просты, но при нагружении в зонах расположения угловых швов возникает значительная концентрация напряжений, что может сложить причиной появления трещин

процессе эксплуатации. Варианты с вытяжкой горловины (рис. 67, *в*) и с вварным торцовым воротником 3 (рис. 67, *г*) более сложны в изготовлении, зато исключение соединений с угловыми швами и плавный переход от стенки корпуса к штуцеру повышают надежность сосуда в эксплуатации.

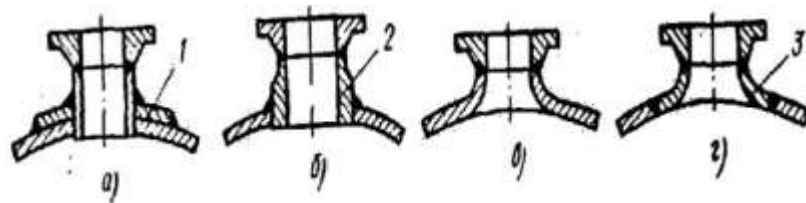


Рис. 67 Способы соединения люков и штуцеров с корпусами аппаратов

Для теплообменной аппаратуры характерны соединения труб с трубной решеткой. Сборку пучка начинают со сборки каркаса, включающего трубную решетку 1 и стяжки 2, на которых с помощью гаек закрепляют перегородки 3 (рис. 68). В собранный каркас последовательно заводят U-образные трубки 4.

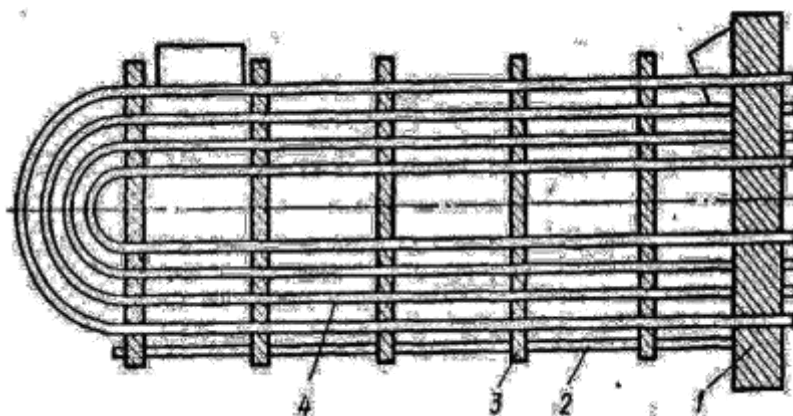


Рис. 68 Сборка каркаса с U-образного трубного пучка

Конструктивное оформление сварного соединения с трубной доской может быть различным (рис. 69, *а-д*). В большинстве случаев трубы пропускают через отверстия в трубных досках и приваривают круговыми швами с наружной стороны (рис. 69, *а-в*). Технологически это наиболее просто, однако при этом сварные швы оказываются в зоне максимальных рабочих напряжений, действующих в трубной доске. Для облегчения условий выполнения сварного соединения и его работы при эксплуатации применяют приемы сварки по отбортовке (проточке (рис. 69, *а*), или с расплавлением специально

проточенного в доске выступа (рис. 69, в), либо производят перед сваркой развальцовку концов труб (рис. 69, б)). Варианты без пропуска труб через трубную доску (рис. 69, г, д) выводят сварные швы из зоны действия максимальных рабочих напряжений, но при этом технология их выполнения сложнее.

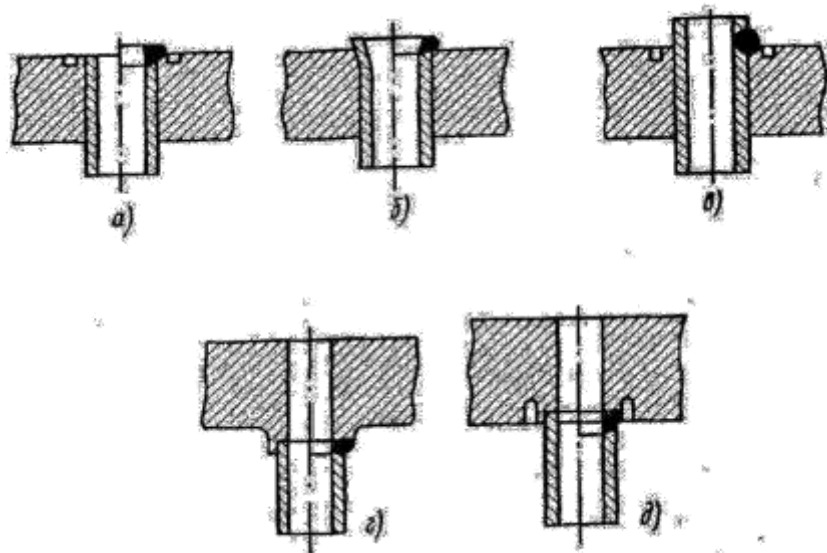


Рис. 69 Варианты соединения труб с трубными досками

Практическое занятие № 24. Изучение технологической последовательности сборки-сварки решётчатых конструкций

Цель работы: Изучение технологической последовательности сборки-сварки решётчатых конструкций.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту

Теоретический материал:

К решетчатым конструкциям относятся сварные стрелы, стойки различных грузоподъемных кранов, фермы конвейеров и различных перекрытий, мачты, стойки, опоры и подобные конструкции. Решетчатые конструкции изготовляют в основном из профильного проката: уголков, труб, швеллеров. Особенность этих конструкций - короткие по протяженности швы, нахлесточные и угловые соединения. Для сварки решетчатых конструкций применяют ручную дуговую, полуавтоматическую сварку в углекислом газе, как более маневренную и удобную в работе. В решетчатых конструкциях до 40% швов, неудобных по доступности. Обычно толщина свариваемого металла 5-12 мм. При сборке решетчатых конструкций редко бывают стыковые соединения, но если они есть, то их сварку нужно выполнять в первую очередь, так как в этих соединениях максимальная усадка шва и могут произойти, либо деформация, либо внутренние напряжения, а в худшем случае образование трещин.

Сварку швов следует выполнять "вразброс" для уменьшения сосредоточенного нагрева в одной зоне.

Обычно решетчатые конструкции собирают в специальных стендах, кондукторах, но иногда, при единичном производстве, - на плитах, стеллажах по разметке вручную. Длина прихваток 20- 30 мм, прихватки накладывают повышенным током, сечением 0,5 от шва и только в местах, подлежащих сварке. Для прихватки используются те же материалы, что и для сварки узла.

Практическое занятие № 25. Изучение порядка сварки и наложения слоёв шва при сварке труб различного диаметров в различных пространственных положениях

Цель работы: Изучение технологической последовательности наложения слоёв шва при сварке труб различного диаметров в различных пространственных положениях.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту.

Теоретический материал:

Сварка трубных конструкций дуговой сваркой. При сооружении трубопроводов сварные стыки труб могут быть поворотными, неповоротными и горизонтальными

Перед сборкой и сваркой трубы проверяют на соответствие требованиям проекта, по которому сооружается трубопровод, и техническим условиям. Основными требованиями проекта, а также технических условий являются: наличие сертификата на трубы; отсутствие эллипсности труб; отсутствие разностенности труб; соответствие химического состава и механических свойств металла трубы требованиям, указанным в технических условиях или ГОСТах.

При подготовке стыков труб под сварку проверяют перпендикулярность плоскости реза трубы к ее оси, угол раскрытия шва и величину притупления. Угол раскрытия шва должен составлять 60-70°, а величина притупления - 2-2,5 мм. Фаски снимают с торцов труб механическим способом, газовой резкой или другими способами, обеспечивающими требуемую форму, размеры и качество обрабатываемых кромок. Разностенность толщин стенок свариваемых труб и смещение их кромок не должны превышать 10% толщины стенки, но быть не более 3 мм. При стыковке труб должен обеспечиваться равномерный зазор между соединяемыми кромками стыкуемых элементов, равный 2-3 мм. Перед сборкой кромки стыкуемых труб, а также прилегающие к ним внутренние и наружные поверхности на длине 15-20 мм очищают от масла, окалины, ржавчины и грязи.

Прихватки, являющиеся составной частью сварного шва, выполняют те же сварщики, которые будут сваривать стыки, с применением тех же электродов.

При сварке труб диаметром до 300 мм прихватка выполняется равномерно по окружности в 4 местах швом высотой 3-4 мм и длиной 50 мм каждая. При сварке труб диаметром более 300 мм прихватки располагают равномерно по всей окружности стыка через каждые 250-300 мм. При монтаже трубопроводов необходимо стремиться к тому, чтобы по возможности больше стыков сваривалось в поворотном положении. Количество слоев шва при дуговой сварке труб определяется толщиной сте-

нок труб и их диаметром. При толщине труб свыше 8 мм и диаметре больше 300 мм, сварку ведут в четыре слоя (корневой, два основных, декоративный). В случае, когда толщина стенок трубы до 8 мм, сварку выполняют в два слоя сплошным швом.

По внешнему виду сварной шов должен иметь слегка выпуклую поверхность с плавным переходом к поверхности основного металла. Высота усиления шва должна быть одинаковой по всему периметру в пределах от 1 до 3 мм, ширина не должна превышать 2,5 толщины стенки труб. Сварку труб малого диаметра и малой толщины стенки производят поворотным способом. В процессе сварки поворачивают трубу (рис. 3) в сторону, противоположную направлению сварки. Второй слой выполняют аналогично первому, но в противоположном направлении.

Сварка толстостенных труб. Трубы, толщина стенки которых составляет 8-12 мм, сваривают в три слоя плюс декоративный шов. Первый слой создает местный провар в корне шва и надежное сплавление кромок. Для этого необходимо, чтобы наплавленный металл образовал внутри трубы узкий ниточный валик высотой 1-1,5 мм, равномерно распределяющийся по всей окружности. Используют электроды диаметром 2-3 мм.

Для получения провара без сосулек и грата движение электрода должно быть возвратно-поступательным с непродолжительной задержкой электрода на сварочной ванне, незначительным поперечным колебанием между кромками и образованием небольшого отверстия в вершине угла скоса кромок. Отверстие получается в результате проплавления основного металла дугой. Размер его не должен превышать 2 мм – больше установленного зазора между трубами.

Второй и третий слой выполняют электродом диаметром 4-5 мм и при повышенном токе одним из следующих способов: поворотом трубы на 180° и поворотом трубы на 90°.

Поворот	трубы	на	180°
1. Стык делят на четыре участка.			

Вначале сваривают участки 1-2, после чего трубу поворачивают на 180° и заваривают участки 3 и 4 (рис. 4, а).

2. Трубу поворачивают еще на 90° и сваривают участки 5 и 6, затем поворачивают трубу на 180° и сваривают участки 7 и 8. В процессе сварки нужно следить, чтобы начало и конец шва не совпадали, перекрытие смежного слоя составляет 20-25 мм.

Поворот	трубы	на	90°
Стык так же делят на 4 участка. В начале сваривают участки 1-2. Затем поворачивают трубу на 90° и сваривают участки 3-4. После сварки 1-го слоя трубу поворачивают на 90° и сваривают участки 5-6, затем поворачивают на 90° и сваривают участки 7-8.			

Четвертый декоративный слой во всех рассмотренных выше способах накладывают в одном направлении при вращении трубы. Трубы диаметром более 500 мм сваривают обратно-ступенчатым способом. Длина каждого участка зависит от диаметра трубы и составляет 150-300 мм.

Лабораторная работа № 1. Визуально-измерительный контроль сварных соединений и швов

Цель работы: изучение порядка и норм проведения контроля и практическая отработка навыков его проведения.

Оборудование:

Металлическая линейка.

Штангенциркуль.

Образец сварного шва.

УШС-3

Лупа

Набор шаблонов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Провести контроль сварного шва.

Заполнить таблицу выявленных дефектов.

Написать вывод.

Теоретический материал:

Технология визуально — измерительных методов испытания сварных швов

Для того, чтобы осуществить качественную и полноценную оценку работоспособности различных систем и конструкций трубопроводов в ППУ изоляции обязательно проводят контроль сварных швов, используя несколько методов. Все методы подразделяются по принципу воздействия на исследуемый объект на две обширные группы: методы неразрушающего контроля и методы разрушающего контроля. Предпочтительней и практичней в применении методы первой группы, но многие из них являются достаточно дорогостоящими и имеют свои особенности проведения. Поэтому экономически выгодней начинать любой контроль сварного шва с самого простого метода — визуальный контроль качества. Этот способ контроля считается самым доступным и оперативным и потому является обязательным, предварительным методом обследования, перед проведением любого другого метода испытания шва.

Теоретическое определение и инструменты для реализации

Визуально — измерительный контроль (ВИК) сварных швов — это внешний осмотр достаточно крупных сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью оптических приборов и инструментов, заключить акт визуального осмотра.

Специалисты-контролеры при проведении визуального контроля сварных соединений металлов используют несколько видов инструментов.

Для наблюдения и выявления дефектов:

- Обзорные, телескопические, напольные лупы;

Для проведения контроля в различных условиях работы:

- Приборы цехового назначения. Область рабочей температуры от +5 °С до +20 °С, условия полного покоя, нормальное атмосферное давление, умеренная влажность.

- Приборы полевого использования. Область рабочей температуры от -55 °С до +60 °С, условия умеренной тряски, вибрация, погодные осадки.

Использование данных приборов позволяет проводить более точный поиск дефектов и осуществлять визуально-оптический контроль качества сварных швов на трубах в ППУ изоляции.

Визуально-оптический контроль – это второй этап визуального контроля с более широким, увеличенным диапазоном исследования за счет использования оптических приборов. Для обследования мелких близлежащих объектов. Диапазон применения от глаза специалиста на расстояние равное или меньшее 250 мм. Используются приборы: лупы.

Таким образом, преобразователи визуальной информации позволяют контролировать сварочные швы ванны с раскаленным металлом в процессе переплавки.

Измерительный контроль – это важная составляющая ВИК, который проводится в соответствии со строгими правилами контроля и нормативными документами регулирующими качество. Он заключается в присваивании дефекту категории или типа по одной из характеристик в виде конкретной физической величины, полученной путем практического измерения. Измерительные средства и их метрологические показатели указываются в нормативных документах.

Измерительный инструмент

При измерительном контроле применяют следующие инструменты, которые могут входить в обязательный набор инспектора технического надзора или дополнять его:

- измерительные лупы;
- угольники поверочные 90° лекальные;
- угломеры с нониусом;
- штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры;
- щупы;
- микрометры;
- измерители стенок труб и толщиномеры индикаторные;
- микрометры;
- калибры;
- металлический измеритель длины (рулетки, стальные измерительные линейки);
- нутромеры микрометрические и индикаторные;
- шаблоны: специальные, радиусные, резьбовые и др.;
- УШС-2, УШС-3 (шаблоны для геометрических параметров швов);

- поверочные плиты;
- набор специальных принадлежностей.

Данный метод контроля, ВИК относится к методам осуществимым с минимальным набором инструментов. Он заключается в сборе информации и основан на квалификации специалиста, человеческом факторе, но позволяет составлять акт визуального осмотра сварных швов, который считается объективным документом.

Суть проведения внешнего контроля

Качество формирования сварных швов на поверхности хорошо поддается оцениванию при профессиональном осмотре. Характеристика “качественный” или “не качественный” шов довольно условна, так как это сравнительная величина.

Контроль качества сварных швов и обследование конструкций сооружений, трубопроводов, зданий осуществляют в три взаимосвязанных этапа.

Поэтапный порядок проведения ВИК

Визуальный (измерительный) контроль. Предварительный контроль шва на наличие коррозии и возможных дефектов с проведением примитивных измерений: ширина, толщина, катет.

Контроль качества сварных соединений. Контроль качества проводится для уточнения параметров видимых дефектов (после заключения акта о предварительном осмотре), размеров дефектов и искажений сварных швов (процентное отклонение от допустимой нормы).

Детальное (инструментальное) исследование и запись результатов. Применяются более точные методики:

ультразвуковой контроль сварных соединений для обнаружения серьезных глубинных дефектов;

Своевременно и качественно проведенные осмотры позволяют выявить на ранних стадиях разрушение шва или брака свариваемости и после уточнить причины возникновения дефекта любым неразрушающим способом дефектоскопии.

Преимущества и недостатки проведения данной методики

Преимущества метода ВИК:

Простой и доступный метод.

При сборе информации о качестве конструкции позволяет получить до 50% от всего объема.

Не трудозатратный и не требует дорогостоящего оборудования.

Легко подвергается проверки и повторному проведению.

Недостатки ВИК:

Человеческий фактор, который влияет на 100% результатов.

Низкая достоверность полученных результатов, субъективность.

Используется только для поиска крупных дефектов (не менее 0,1 – 0,2 мм) и подозрений на возможные.

Ограниченность исследования только видимой частью конструкции.

Важна техническая грамотность сотрудников, которые должны правильно подобрать методику измерения, сравнительный шаблон или нормативы и дать точную оценку результатам измерения.

По способу и качеству диагностики даже несовершенный визуальный контроль швов является необходимым методом, как и на стадии проведения комплексной диагностики, так и в течении всего технологического процесса.

Универсальный шаблон сварщика

Возможности метода по выявлению дефектов

Визуальному контролю подвергаются сварные швы:

- при выполнении наплавочных работ на этапе “приема — сдачи” обязательно заключается акт визуального осмотра;
- при контроле многослойного сварного соединения (послойный контроль);
- при итоговом осмотре мест касания сварочной дугой поверхности основного материала.
- при сборке деталей из сборочных единиц под сварку;
- при автоматическом изготовлении сварных деталей и технической оценки качества материала согласно техническому процессу;
- по истечении установленного срока эксплуатации сварных швов.

Визуальный контроль сварных швов требует обязательного измерения и исключения следующих дефектов:

- поверхностных трещин;
- видимых грубых дефектов;
- плохого качества зачистки металла в зонах приварки (особенно технологических креплений), а так же контроля и подтверждения наличия:
- клеймения (маркировки) шва и верность ее производства;
- ширины и высоты шва, выпуклости и вогнутости шва;
- верных размеров катетов углового шва.

Дефекты, поддающиеся выявлению

При осмотре сварных швов не вооруженным глазом можно дать оценку:

- неравномерности высоты и ширины швов;
- чрезмерной чешуйчатости;
- наплывов;
- подрезов;
- чрезмерному усилению или ослаблению швов;
- не заваренным кратерам;
- прожогам;
- параметрам катетов углового шва.

Лупы и микроскопы позволяют обнаруживать:

- трещины различного происхождения;
- поверхностные коррозионные повреждения;
- забоины;
- открытые раковины;
- поры;
- непровары;
- волосовины;

- расслоения;
- надиры;
- риски;
- осевые смещения и изломы;
- дефекты лакокрасочных, полимерных и гальванических защитных покрытий швов.

Области реализации данной методики

Внешний осмотр сварного шва производится до процедуры зачистки, термической или химической обработки, а также и после ее выполнения.

Визуальный и измерительный контроль является весьма эффективным методом проверки и перепроверки качества промышленных материалов и сварных соединений при выполнении строительных работ по сварке и монтажу на трубах в ППУ изоляции при получении акта о завершении строительства, акта о вводе в эксплуатацию, а так же различных других технических актов.

Лабораторная работа № 2. Ультразвуковой метод контроля

Цель работы: изучение порядка и норм проведения контроля и практическая отработка навыков его проведения.

Оборудование:

Металлическая линейка.

Штангенциркуль.

Образец сварного шва.

Ультразвуковой дефектоскоп

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Провести контроль сварного шва.

Заполнить таблицу выявленных дефектов.

Написать вывод

Теоретический материал:

Одним из основных методов неразрушающего контроля является **ультразвуковой метод контроля (УЗК)**. Впервые осуществить неразрушающий контроль ультразвуковой волной пытались еще в 1930 году. А уже спустя 20 лет ультразвуковой контроль качества сварных соединений приобрел наибольшую популярность, по сравнению с другими методами контроля качества сварки. Кроме того, для некоторых изделий он стал обязательным.

Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектродпреобразователя(-ей) и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр.

Параметры выявленных дефектов определяются с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Так например, по времени распространения ультразвука в изделии (если известна скорость ультразвука скорость распространения ультразвуковых волн в различных материалах) в данном металле) определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер.

Для проведения ультразвукового контроля в зависимости от конкретных условий (марки материала, его толщины, геометрических особенностей поверхностей контроля, минимально выявляемых размеров дефектов и др.) имеется достаточно широкий ассортимент средств контроля.

На сегодняшний день существует пять основных методов **УЗК**: теневой, зеркально-теневой, зеркальный, дельта-метод и эхо-метод. В промышленности **ультразвуковой контроль металла** проводят, как правило, в диапазоне ультразвуковых волн от 0,5 МГц до 10 МГц. В отдельных случаях **неразрушающий контроль сварных швов** проводится ультразвуковыми волнами с частотой до 20 МГц, что позволяет выявлять очень небольшие дефекты. Ультразвук низких частот применяют при: работе с объектами боль-

шой толщины (ультразвуковой контроль отливок, поковок, сварных соединений выполненных электрошлаковой сваркой); контроле металлов, имеющих крупнозернистую структуру (чугун, медь, аустенитные стали) и большое затухание – “плохо проводят ультразвук”.

К главным преимуществам **ультразвукового контроля качества металлов и сварных соединений** относятся:

высокая точность и скорость исследования, а также его низкая стоимость;

безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии);

высокая мобильность вследствие применения портативных ультразвуковых дефектоскопов;

возможность проведения ультразвукового контроля (в отдельных случаях) на действующем объекте, т.е. на время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали/объекта из эксплуатации.

при проведении **УЗК** исследуемый объект не повреждается;

К основным недостаткам УЗК относятся:

при ультразвуковой дефектоскопии невозможно дать ответ на вопрос о реальных размерах дефекта, т.к. размер дефекта определяется его отражательной способностью и поэтому по результатам контроля дается эквивалентный размер дефекта (например: имеющиеся в изделии два реальные дефекта одного размера и формы, расположенные на одной глубине, но один из которых заполнен воздухом, а другой шлаком будут давать отраженные импульсы различной амплитуды и, соответственно оценены как дефекты, имеющие различные размеры). Следует отметить, что, некоторые дефекты в силу их характера, формы или расположения в объекте контроля практически невозможно выявить ультразвуковым методом. Кроме того, затруднителен контроль деталей небольшой размера и толщины, а также деталей, имеющих сложную форму с криволинейными и сферическими поверхностями малого радиуса. Кроме того, при проведении ультразвукового контроля в отличие от радиографического, как правило, невозможно однозначно охарактеризовать дефект (шлаковое включение, пора, вольфрамовое включение и др.);

трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука.

подготовка поверхности контроля к контролю, для ввода ультразвуковых волн в металл, а именно: очистка поверхности контроля от загрязнений, отслаивающейся окалины, ржавчины, брызг расплавленного металла и др. и создание необходимой шероховатости поверхности не хуже Rz 40 и волнистости не более 0,015, т.к. даже небольшой воздушный зазор между пьезоэлектротрансформатором (ПЭП) пьезоэлектротрансформатора для проведения ультразвукового контроля) и изделием может стать непреодолимой преградой для распространения ультразвуковых волн;

необходимость нанесения на контролируемый участок изделия после его зачистки непосредственно перед выполнением контроля контактных жидкостей (специальные гели, глицерин, машинное масло, и др.) для обеспечения стабильного акустического контакта;

Ультразвуковой Контроль

наряду с другими физическими методами (рентгенографический контроль, капиллярный контроль, магнитно-порошковый контроль) является надежным и высокоэффективным средством для выявления возможных дефектов. Требуется наличия специально подготовленных специалистов, специализированного оборудования и вспомогательных средств контроля, и, кроме того, предъявляет особые требования к подготовке поверхности изделия под контроль.

Некоторые производители в целях экономии или некомпетентности игнорируют проведение неразрушающего контроля продукции или вспоминают о нём только на последней стадии - уже непосредственно перед сдачей объекта (а это приводит к дополнительной потере времени и непредусмотренным расходам), когда контроль бывает технически неосуществим. Подобное отношение к контролю качества чаще всего приводит к аварийным ситуациям в процессе эксплуатации и способно привести даже техногенным катастрофам.

Лабораторная работа № 3. Магнитный метод контроля

Цель работы: изучение порядка и норм проведения контроля и практическая отработка навыков его проведения.

Оборудование:

Металлическая линейка.

Штангенциркуль.

Образец сварного шва.

Электромагнит.

Магнитная суспензия.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Провести контроль сварного шва.

Заполнить таблицу выявленных дефектов.

Написать вывод

Теоретический материал:

В намагниченном сварном шве по краям непроваров, трещин, пор и других пороков происходит сгущение индукционных линий вследствие уменьшения магнитопроводящего сечения металла. При этом часть индукционных линий, огибающих полость дефекта, замыкается через воздух над поверхностью шва, образуя так называемые местные магнитные потоки рассеивания. Обнаружение этих потоков рассеивания лежит в основе всех магнитных методов контроля швов, описываемых в данном разделе.

Метод магнитных порошков. На намагниченный участок сварного шва наносится с помощью распылителя (или просто насыпается) сухой магнитный порошок. Крупинки порошка втягиваются в зоны рассеивания магнитных потоков и, скопясь там, четко обрисовывают контуры дефектов. Этому способствуют легкое постукивание по контролируемой детали или сдувание избыточных крупинок. В качестве магнитных порошков применяют: тонко измелченную и просеянную через сито с 3600 отверстиями на 1 см² железную окалину; частично восстановленный крокус в среде светильного газа при температуре 800°С; магнетит (Fe₃O₄), полученный химическим способом, и др.

Выявление дефектов облегчается применением окрашенных порошков (белого, желтого, красного). Намагничивание швов производят: электромагнитами П-образной формы, имеющими 5000—10000 ампер-витков; обертыванием изделия несколькими витками гибкого кабеля, подключенного к сварочному трансформатору или генератору; пропусканием тока величиной 300—600 а непосредственно через изделие. Для намагничивания пригодны как постоянный, так и переменный токи.

Дефекты в виде продолговатых трещин, непроваров и др. хорошо обнаруживаются, если направление магнитного потока перпендикулярно к их наибольшему линейному размеру. В связи с этим для выявления продольных относительно оси шва дефектов применяется поперечное намагничивание, а для нахождения пороков, расположенных в поперечном направлении, —

продольное. При необходимости иметь документальные данные о качестве шва фотографируют его магнитный спектр (расположение крупинок порошка).

Метод магнитных суспензий. Магнитной суспензией называют жидкость (керосин, трансформаторное или веретенное масло, воду, спирт, четыреххлористый углерод и др.) со взвешенными в ней частицами магнитного порошка. Суспензия наносится на намагниченный шов с помощью кисти, поливом или окунанием всего сварного изделия, если его размеры невелики. Выявление дефектов и способы намагничивания проверяемой детали такие же, как и при порошковом методе. Для ускорения контроля плоских поверхностей изделия иногда применяют сосуд с прозрачной крышкой, внутри которого заключена суспензия. Его устанавливают на шов и наблюдают скопления магнитных частиц над пороками сварки. После встряхивания сосуда обследуют другой участок сварного соединения.

Методы контроля швов с помощью магнитных порошков и суспензий позволяют вполне надежно обнаруживать трещины на глубине до 8 мм и непровары на глубине до 6 мм. Поры и шлаковые включения выявляются неудовлетворительно. Контроль с помощью прозрачного сосуда дает несколько худшие результаты. При намагничивании постоянным током облегчается нахождение более глубоко залегающих дефектов.

Индукционный метод основан на регистрации пороков намагниченного шва с помощью индукционных катушек, улавливающих местные потоки рассеивания над дефектами. На этом принципе построен дефектоскоп системы К. К. Хренова и С. Т. Назарова. Контролируемая деталь намагничивается электромагнитом, питаемым переменным током. При этом металл шва пронизывается переменными магнитными потоками основного поля и полей вихревых кольцевых токов.

Местное рассеивание этих потоков над дефектами сварного соединения обнаруживается специальным искателем, который вручную перемещают вдоль шва. Искатель состоит из П-образного железного сердечника, на стержнях которого находятся две катушки. Провода катушек соединены последовательно, но каждая из них намотана в противоположных направлениях (дифференциальное включение). При отсутствии дефектов ток в цепи искателя не возникает, так как электродвижущие силы, индуцируемые в каждой катушке, равны и противоположны, т. е. уравниваются. Если одна из катушек находится над дефектом, где имеется значительный магнитный поток рассеивания, то в ней появляется электродвижущая сила, большая, чем в другой катушке. В этом случае на выводах искателя возникает результирующее напряжение, равное разности электродвижущих сил катушек, и в его цепи протекает ток. Этот ток после усиления электронным усилителем регистрируется одним из следующих приборов: неоновой лампой; индикаторной лампой для настройки радиоприемников; телефоном (радионаушниками) по усилению звука.

С помощью дефектоскопа выявляются трещины и непровары в стыковых швах при толщине металла 6—25 мм. При этом устанавливается только факт наличия дефекта, а качественная характеристика отсутствует. Описан-

ный прибор применяется для предварительного контроля швов перед просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами. Магнитографический метод, предложенный С. Маховером и Ю. Усенко в 1953 г., основан на записи потоков рассеивания намагниченного шва, возникающих в зоне расположения дефектов, с помощью ферромагнитной пленки. Процесс контроля состоит из двух отдельных операций: 1) «записи» дефектов на пленку, 2) воспроизведения и анализа записи.

Эти операции, в свою очередь, могут быть осуществлены двумя различными способами. При контроле первым (по времени разработки) способом применяется нормальная ферромагнитная пленка в виде ленты шириной 6,5 мм, которая выпускается промышленностью для звукозаписи. Пленка наматывается на резиновую ленту шириной 40 мм и укладывается на шов, который затем в течение короткого времени намагничивают. В результате этого каждый элемент пленки приобретает остаточную намагниченность определенной величины, которая особенно велика в местах, соответствующих расположению дефектов. Полученная таким образом запись пороков шва воспроизводится с помощью аппаратуры, состоящей из магнитофона (с отсоединенным динамиком) и электронного осциллографа. При воспроизведении пленку, предварительно намотанную на катушечную кассету, пропускают с помощью электромоторного лентопротяжного механизма мимо неподвижной магнитной головки, в железе которой имеется рабочий зазор шириной 20 мк, и сматывают на кассету. Внешнее остаточное магнитное поле элемента пленки, который соответствует записи дефекта, пронизывает сердечник головки и вызывает в ее обмотке появление импульса электродвижущей силы порядка 1 мВ.

Будучи усилен в требуемых пределах электронным усилителем, этот импульс визуально наблюдается на экране осциллографа и регистрируется зажиганием неоновой лампы. Форма и величина импульса определяют характер дефекта. Дефект глубиной менее 10% толщины контролируемого металла не вызывает зажигания неоновой лампы. Для повторного использования пленки ее предварительно размагничивают, пропуская в переменном магнитном поле, образующемся в зазоре сердечника головки, обмотка которой питается током высокой частоты от генератора.

Контроль вторым, более совершенным способом, имеет следующие особенности: 1. Применяется нестандартная ферромагнитная пленка шириной 35 мм, укладываемая на шов в продольном направлении, вследствие чего отпадает трудоемкая операция намотки на резиновую ленту и точнее определяется расположение дефектов. 2. Осуществляется «поперечное» воспроизведение магнитной записи, при котором пленка, перемещаясь относительно зазора головки в продольном направлении, одновременно совершает поперечные поступательно-возвратные движения.

Эти дополнительные движения, необходимые для увеличения амплитуды импульсов тока, наблюдаемых на экране осциллографа, выполняются электромоторным кулачковым механизмом. Обычное продольное воспроизведение, описанное ранее, совершенно непригодно для широкой пленки. 3. Для магнитного стирания полученной записи применяется специальная го-

ловка другой конструкции. 4. Намагничивание сварных соединений производится дисковым магнитом, состоящим из двух круглых стальных полюсов, укрепленных на концах сердечника, несущего на участках токовые обмотки, а в центре — текстолитовый барабан с резиновым ободом, предназначенным для прижатия ферромагнитной пленки к поверхности шва.

В случае контроля кольцевых швов ось симметрии магнита неподвижна, а его полюсы и барабан, прижатые силой тяжести к трубе, вращаются вместе с ней на роликовых опорах, снабженных механизированным приводом. При проверке стыковых швов плоских листовых изделий магнит перемещают по поверхности металла вручную.

Магнитографический метод контроля обладает следующими достоинствами: 1) имеет высокую чувствительность и позволяет обнаружить внутренние пороки шва при толщине металла до 12 мм; 2) дает качественную и количественную характеристику выявленных дефектов по форме и размерам импульсов тока, наблюдаемых на экране осциллографа; 3) отличается высокой производительностью (скорость магнитной записи составляет 5—6 м в минуту), дешевизной и простотой.

Лабораторная работа № 4. Капиллярная дефектоскопия

Цель работы: изучение порядка и норм проведения контроля и практическая отработка навыков его проведения.

Оборудование:

Металлическая линейка.

Штангенциркуль.

Образец сварного шва.

Пенетрат.

Очиститель.

Проявитель.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Провести контроль сварного шва.

Заполнить таблицу выявленных дефектов.

Написать вывод

Теоретический материал:

Капиллярная дефектоскопия – является одним из основных методов неразрушающего контроля и предназначена для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для протяженных дефектов типа непроваров, трещин) и их ориентации на поверхности. Капиллярный метод неразрушающего контроля (ГОСТ 18442-80) основан на капиллярном проникновении внутрь дефекта индикаторных жидкостей, хорошо смачивающих материал объекта – поверхность контроля и последующей регистрации индикаторных следов (благодаря чему так же носит название цветная дефектоскопия).

В соответствии с техническими требованиями в большинстве случаев необходимо выявлять настолько малые дефекты, что заметить их при визуальном осмотре невооруженным глазом практически невозможно. В то же время, применение оптических приборов, например лупы или микроскопа, не позволяет выявить поверхностные дефекты из-за недостаточной контрастности изображения дефекта на фоне металла и малого поля зрения при больших увеличениях.

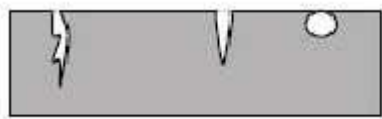
В таких случаях наиболее применим - капиллярный метод контроля. Капиллярная дефектоскопия позволяет контролировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из различных материалов: черных и цветных металлов, сплавов, пластмасс, стекла, керамики и т.п. Капиллярный контроль широко востребован при дефектоскопии сварных швов.

При контроле красящий пенетрант наносится на контролируемую поверхность и благодаря своим особым качествам под действием капиллярных сил проникает в мельчайшие дефекты, имеющие выход на поверхность объекта контроля. Проявитель, наносимый на поверхность объекта контроля через некоторое время после осторожного удаления с поверхности пенетранта, растворяет находящийся внутри дефекта краситель и за счет диффузии “вытягивает” оставшийся в дефекте пенетрант на поверхность объекта контроля.

Имеющиеся дефекты видны достаточно контрастно. Индикаторные следы в виде линий указывают на трещины или царапины, отдельные точки - на поры.

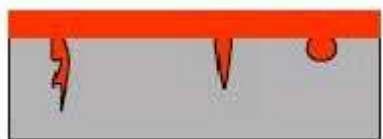
Процесс капиллярного контроля состоит из 5 этапов:

1 – предварительная очистка поверхности.



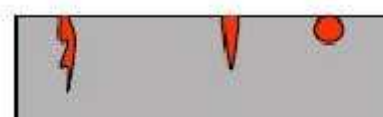
Чтобы краситель мог проникнуть в дефекты на поверхности, ее предварительно следует очистить водой или органическим очистителем. Все загрязняющие вещества (масла, ржавчина, и т.п.) любые покрытия (ЛКП, металлизация) должны быть удалены с контролируемого участка. После этого поверхность высушивается, чтобы внутри дефекта не оставалось воды или очистителя.

2 – нанесение пенетранта.



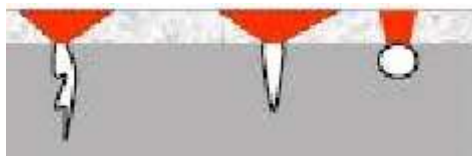
Пенетрант, обычно красного цвета, наносится на поверхность путем распыления, кистью или погружением объекта контроля в ванну, для хорошей пропитки и полного покрытия пенетрантом. Как правило, при температуре 5...50°C, на время 5...30 мин.

3 - удаление излишков пенетранта.



Избыток пенетранта удаляется протиркой салфеткой, промыванием водой, или тем же очистителем, что и на стадии предварительной очистки. При этом пенетрант должен быть удален только с поверхности контроля, но никак не из полости дефекта. Затем поверхность высушивается салфеткой без ворса или струей воздуха.

4 – нанесение проявителя.



После просушки сразу же на поверхность контроля тонким ровным слоем наносится проявитель (обычно белого цвета).

5 - контроль.

Выявление имеющихся дефектов начинается непосредственно после окончания процесса проявки. При контроле выявляются и регистрируются индикаторные следы. Интенсивность окраски которых говорит о глубине и ширине раскрытия дефекта, чем бледнее окраска, тем дефект мельче. Интенсивную окраску имеют глубокие трещины. После проведения контроля проявитель удаляется водой или очистителем.

Дефектоскопические материалы для цветной дефектоскопии выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к контролируемому объекту, его состояния и условий контроля. Их укомплектовывают в целевые наборы, в которые входят полностью или частично взаимообусловленные совместимые дефектоскопические материалы.

Совместимость дефектоскопических материалов в наборах или сочетаниях обязательна. Составы набора не должны ухудшать эксплуатационные качества материала контролируемого объекта.

Согласно ГОСТ 18442-80 класс чувствительности контроля определяется в зависимости от размера выявляемых дефектов. В качестве параметра размера дефекта принимается поперечный размер дефекта на поверхности объекта контроля – так называемая ширина раскрытия дефекта. Минимальная величина раскрытия выявленных дефектов называется нижним порогом чувствительности и ограничивается тем, что весьма малое количество пенетранта, задержавшееся в полости небольшого дефекта, оказывается недостаточным, чтобы получить контрастную индикацию при данной толщине слоя проявляющего вещества. Существует также верхний порог чувствительности, который определяется тем, что из широких, но неглубоких дефектов пенетрант вымывается при устранении излишков пенетранта на поверхности. Обнаружение индикаторных следов, соответствующего указанным выше основным признакам, служит основанием для анализа о допустимости дефекта по его размеру, характеру, положению.

ГОСТ 18442-80 установлено 5 классов чувствительности (по нижнему порогу) в зависимости от размеров дефектов.

Класс чувствительности	Ширина раскрытия дефекта, мкм
I	Менее 1
II	От 1 до 10
III	От 10 до 100
IV	От 100 до 500
технологический	Не нормируется

Капиллярный Контроль

Наряду с другими физическими методами (визуально-измерительный контроль, рентгенографический контроль, ультразвуковой контроль, магнитно-порошковый контроль) является надежным и высокоэффективным средством для выявления возможных поверхностных дефектов. Требуется наличия специально подготовленных специалистов, специализированного оборудования и вспомогательных средств контроля, и, кроме того, предъявляет особые требования к подготовке поверхности изделия под контроль.

К недостаткам капиллярного контроля следует отнести его высокую трудоемкость при отсутствии механизации, большую длительность процесса контроля (от 0.5 до 1.5 ч), а также сложность механизации и автоматизации процесса контроля; снижение достоверности результатов при отрицательных температурах; субъективность контроля - зависимость достоверности результатов от профессионализма оператора; ограниченный срок хранения дефектоскопических материалов, зависимость их свойств от условий хранения.

Лабораторная работа № 5. Контроль качества сварных соединений керосином

Цель работы: изучение порядка и норм проведения контроля и практическая отработка навыков его проведения.

Оборудование:

Металлическая линейка.

Штангенциркуль.

Образец сварного шва.

Меловой раствор.

Керосин.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Провести контроль сварного шва.

Заполнить таблицу выявленных дефектов.

Написать вывод

Теоретический материал:

Контроль непроницаемости сварных соединений проводят в соответствии с ГОСТ 3242-79, включая следующие виды испытаний: керосином, обдувом, аммиаком, воздушным давлением, гидравлическим давлением, наливом и поливом.

Кроме этого, непроницаемость сварных соединений определяют вакуумным методом и газоэлектрическими течеискателями.

Перед проведением испытаний должны быть устранены все дефекты, выявленные внешним осмотром.

Испытание керосином основано на способности многих жидкостей подниматься по капиллярным трубкам, какими в сварных швах являются сквозные поры и трещины. Керосин обладает высокой смачивающей способностью и сравнительно малой вязкостью, что обеспечивает большой эффект этого способа контроля. Например, в отличие от воды (полярная жидкость) керосин под действием поверхностных сил проникает в мельчайшие (10^{-3} — $2,10^{-4}$ мм) неплотности в металле.

Испытание сварных соединений керосином проводят следующим образом. После внешнего осмотра простукивают молотком или подвергают вибрации основной металл на расстоянии 30—40 мм от шва и тщательно очищают сварное соединение от шлака, ржавчины, масла и других загрязнений. Такое простукивание или вибрация способствует лучшему удалению шлака и развитию несквозных дефектов в сквозные.

Затем с помощью пульверизатора сварные швы покрывают меловым раствором (350—450 г молотого мела или каолина на 1 л воды) с той стороны, которая более доступна для осмотра.

После высыхания мелового раствора другую сторону шва обильно смачивают керосином и выдерживают в течение определенного времени.

Исходя из экспериментальных данных Института электросварки им. Е. О. Патона, Всесоюзного научно-исследовательского института строительства

трубопроводов и ряда монтажных организаций время выдержки под керосином обычно устанавливают не менее 12 ч при окружающей температуре выше 0° и не менее 24 ч — при температуре ниже 0°.

Ввиду того что при повышении температуры вязкость керосина уменьшается и скорость проникания его через неплотности шва увеличивается, для сокращения времени контроля рекомендуется швы перед испытанием нагревать до температуры 60—70° С. В этом случае время выдержки под керосином сокращается до 1,5—2 ч. Керосин наносят в процессе испытания 3—5 раз.

Соединения внахлестку, у которых один шов сплошной, а второй прерывистый, опрыскивают струей керосина под давлением со стороны прерывистого шва. Соединения внахлестку, сваренные сплошным швом с обеих сторон, испытывают керосином путем нагнетания его под давлением в межнахлесточное пространство через специально просверленное отверстие.

О наличии пор, свищей, сквозных трещин и непроваров свидетельствуют жирные желтые точки или полосы керосина на меловом слое, которые с течением времени расплываются в пятна. Поэтому необходимо тщательно следить за появлением первых точек или полосок и своевременно отмечать границы дефектных участков.

Обнаруженные дефекты устраняют, после чего сварной шов подвергают повторному контролю.

Для лучшего наблюдения за керосиновыми пятнами применяют керосин, окрашенный в красный цвет краской «Судан-III» в количестве 2,5—3 г на литр.

Эффективность контроля непроницаемости сварных швов с помощью керосина можно повысить, применяя дополнительно продувку швов сжатым воздухом под давлением 3—4 кгс/см², разрежение атмосферного воздуха с меловой стороны шва при помощи специальных камер, вибрацию швов. Все эти меры ускоряют проникание керосина через неплотности.

С помощью керосина выявляют не только сквозные, но и поверхностные дефекты. Для этого поверхность контролируемого сварного соединения после тщательной очистки обезжиривают бензином или ацетоном и обильно смачивают окрашенным керосином. По истечении 15—20 мин керосин вытирают или смывают 5%-ным водным раствором кальцинированной соды с последующим просушиванием. Затем на поверхность сварного соединения при помощи пульверизатора наносят тонкий слой разведенного в воде мела (или каолина).

Когда мел высохнет, изделие около шва обстукивают молотком, а сам шов прогревают горячим воздухом. При этом керосин, задержавшийся ранее на дефектных участках (в случае их наличия), просачивается на меловую краску в виде пятен и полосок, по которым судят об имеющихся дефектах.

При испытании обдувом одну сторону сварного шва промазывают мыльным раствором (вода 1 л, мыло хозяйственное 100 г), а другую — обдувают сжатым воздухом, подаваемым по гибкому шлангу с наконечником под давлением 4—5 кгс/см². Расстояние между наконечником и швом должно быть не более 50 мм.

Если испытание проводят при температуре ниже 0° С, мыльный раствор готовят с частичной заменой воды спиртом (до 60%) или с применением незамерзающей жидкости, растворяющей мыло.

Сквозные дефекты обнаруживают по появлению пузырей на промазанной мыльным раствором стороне шва.

В основу испытания аммиаком положено свойство некоторых индикаторов, например спирто-водного раствора фенолфталеина или водного раствора азотнокислой ртути, изменять окраску под воздействием щелочей, в данном случае сжиженного аммиака.

Перед началом испытаний тщательно очищают металлической щеткой сварное соединение от шлака, ржавчины, масла и других загрязнений. Если сварку вели электродами с обмазкой основного типа, то швы, кроме того, промывают водой, иначе остатки щелочных шлаков будут реагировать в процессе испытания с индикатором, изменяя его окраску.

После такой подготовки на одну сторону шва укладывают бумажную ленту или светлую ткань, пропитанную 5%-ным раствором азотнокислой ртути (индикатором), а с другой стороны создают давление аммиака.

При контроле сварных швов небольших емкостей, а также трубопроводов в них подают аммиак в количестве 1% объема воздуха в емкости и создают избыточное давление 1 кгс/см² или более, но не выше расчетного рабочего.

При контроле отдельных участков шва над ними устанавливают герметичную камеру, в которой создают давление аммиака.

В обоих случаях спустя 1—5 мин аммиак, проникая через неплотности сварного шва, окрашивает пропитанную индикатором бумагу или ткань в серебристо-черный цвет. Скорость и интенсивность окраски, а также величина пятен характеризуют размеры дефектов, границы которых отмечают мелом или краской.

При использовании в качестве индикатора спирто-водного раствора фенолфталеина его тонкой струей льют на контролируемый шов. Если в шве имеются неплотности, аммиак проходит через них и окрашивает раствор фенолфталеина в ярко-красный цвет с фиолетовым оттенком.

Для испытания сварных швов днищ резервуаров или газгольдеров аммиак подают в пространство между днищем и основанием по трубкам с отверстиями и создают избыточное давление 8 — 10 мм вод. ст. Поливая швы спирто-водным раствором фенолфталеина, определяют неплотности в сварных швах и устраняют их.

Испытанию давлением газа подвергают емкости и трубопроводы, работающие под давлением, с целью контроля общей непроницаемости сварной конструкции.

Малогабаритные изделия герметизируют газонепроницаемыми заглушками и полностью погружают в ванну с водой. Затем в изделие через редуктор от воздушной сети или из баллона подают газ (воздух, азот, инертные газы) под давлением, величина которого на 10—20% больше величины

рабочего. Имеющиеся неплотности определяют по появлению пузырьков газа в воде.

Крупногабаритные сварные изделия испытывают следующим образом. После герметизации в них создают испытательное давление и промазывают сварные швы мыльным раствором (100 г мыла на 1 л воды). Появление мыльных пузырей на промазанной поверхности свидетельствует о проницаемости шва.

Величину давления и время выдержки под ним устанавливают в соответствии с техническими условиями.

При испытании сжатыми газами следует тщательно соблюдать правила техники безопасности. Работы должны проводиться в изолированном помещении с ограждениями (на случай взрыва). Трубопроводы испытывают отдельными изолированными участками с предупредительными знаками об опасности. Гидравлическим давлением проверяют прочность и плотность сварных соединений различных емкостей, котлов паропроводов, водопроводов, газопроводов и других сварных конструкций, работающих под высоким давлением.

Перед испытанием сварное изделие герметизируют водонепроницаемыми заглушками, обтирают или обдувают сжатым воздухом сварные швы до получения сухой поверхности.

После полного заполнения изделия водой с помощью насоса или гидравлического пресса создают избыточное контрольное давление, величину которого принимают в соответствии со стандартами, инструкциями или техническими условиями (обычно в 1,5—2 раза больше рабочего). В процессе испытания давление определяют по проверенным и опломбированным манометрам.

В самой высокой точке испытываемого изделия устанавливают контрольную заглушку на резьбе для наблюдения за заполнением всего объема водой и выпуском воздуха в атмосферу. В противном случае не исключено образование воздушной подушки, находящейся под большим давлением, что может привести к разрыву изделия в процессе испытания.

По истечении 5—6 мин давление уменьшают до рабочего, а околошовную зону слегка обстукивают молотком на расстоянии 15—20 мм от края шва. Боек молотка должен быть круглым, чтобы не повредить основной металл изделия.

Проницаемость сварных швов и места сквозных дефектов устанавливают по снижению испытательного давления и появлению течи или просачиванию воды в виде капель, а также по запотеванию поверхности шва или вблизи него.

Во избежание ошибочных выводов следует иметь в виду, что при температуре воды в сосуде ниже температуры воздуха в помещении возможно полное запотевание всей поверхности металла испытываемого изделия. Кроме того, уменьшение испытательного давления не всегда указывает на наличие дефектов, а может быть вызвано неплотностями в нагнетательной системе, присоединительной арматуре, заглушках.

Недостатками этого способа контроля являются необходимость в источниках водоснабжения и трудности, возникающие при испытаниях в зимнее время на открытом воздухе.

Вертикальные резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов, газгольдеры и другие крупные емкости испытывают наливом воды.

До испытания сварные швы тщательно обтирают ветошью или обдувают воздухом до получения сухой поверхности. Затем емкость заполняют водой и наблюдают за сварными швами и падением уровня воды. Продолжительность испытания, необходимого для осмотра всех швов, составляет от 2 до 24 ч в соответствии с техническими условиями. Если в течение этого времени не обнаружено пропусков воды и уровень ее не снизился, емкость считают выдержавшей испытание.

Категорически запрещается обстукивать сварные швы резервуаров, газгольдеров и других крупных емкостей в процессе испытания во избежание их разрушения. Испытание проводится при температуре окружающего воздуха не ниже 0°C и температуре воды не ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

Когда швов немного, их непроницаемость определяют, поливая одну сторону шва водой из брандспойта под давлением $1\text{—}10\text{ кгс/см}^2$, устанавливаемым техническими условиями. Одновременно осматривают противоположную сухую сторону шва.

Проницаемость сварных швов и места дефектов определяют, следя за появлением течи, просачиванием воды в виде капель, запотеванием поверхности шва или вблизи его.

Вакуумный контроль сварных швов применяют в тех случаях, когда применение других способов почему-либо исключено. В частности, этот метод широко применяется при контроле сварных днищ резервуаров, газгольдеров, цистерн, гидроизоляционных ящиков. Он позволяет обнаружить отдельные поры диаметром до $0,004\text{—}0,005\text{ мм}$, а производительность при его использовании достигает $40\text{—}60\text{ м}$ сварных швов в час.

Вакуум создают при помощи переносной вакуум-камеры, которую устанавливают на наиболее доступной стороне проверяемого участка шва.

В зависимости от формы контролируемого изделия и типа соединения применяются плоские, угловые и кольцевые вакуум-камеры.

Механизированная вакуум-тележка укомплектована набором переносных вакуум-камер, позволяющих контролировать различные типы сварных соединений во всех пространственных положениях.

Контроль швов газозлектрическими течеискателями. В настоящее время применяют два вида газозлектрических течеискателей: гелиевые и галогидные.

Чувствительность газозлектрических течеискателей к выявлению неплотностей в швах очень высока, но ввиду сложности конструкции и значительной стоимости изготовления их применяют только для контроля особо ответственных сварных конструкций.

Принцип работы гелиевого течеискателя основан на высокой способности гелия при определенном вакууме проходить сквозь неплотности сварных швов.

В зависимости от конфигурации и объема испытываемой сварной конструкции контроль неплотностей швов гелиевыми течеискателями производят следующими методами.

а) Контроль избыточным давлением состоит в том, что испытываемую емкость помещают в газонепроницаемую металлическую камеру, соединенную с насосами течеискателя. Внутри камеры создают вакуум, а в емкость подают под давлением гелий. При наличии сквозных дефектов в сварных швах гелий проникает в камеру и попадает в течеискатель, где фиксируется одновременно миллиамперметром и звуковым сигналом.

По окончании испытаний гелий перекачивают в другую емкость, подготовленную для контроля, или в резервуар для хранения.

б) При контроле с помощью гелиевой камеры вакуум создают в испытываемой емкости, а гелий подают в газонепроницаемую камеру. Если в сварных швах имеются неплотности, то гелий просачивается в испытываемый сосуд и попадает в течеискатель.

в) Метод установки специальной герметичной камеры-муфты применяют в основном для испытания стыков трубопроводов.

Камеру соединяют с насосом течеискателя, создают в ней вакуум и подают в трубопровод гелий. При наличии неплотностей в сварных швах гелий попадает в течеискатель и вызывает сигнал.

Эти три метода являются наиболее чувствительными к выявлению неплотностей в сварных швах, но не определяют место их расположения. С этой целью применяют обдувание струей гелия наружной поверхности испытываемой емкости, в которой создают вакуум. Места неплотностей фиксируют по сигналу течеискателя, соединенного с емкостью.

Для более точного определения расположения дефектных участков используют специальный щуп-улавливатель, соединенный с течеискателем. Щуп перемещают вдоль швов по наружной поверхности емкости, в которой находится гелий под давлением выше атмосферного. Малейшая неплотность в шве тотчас же фиксируется течеискателем.

Гелиевые течеискатели применяются для обнаружения неплотностей в сварных швах трубопроводов, находящихся под землей. Для этого над трубопроводами пробуривают несколько скважин, в которые опускают специальный щуп-улавливатель, а в каждую трубу подают гелий. Примерное место течи определяют в зависимости от того, какая из скважин показывает максимальную концентрацию гелия.