

Введение

После распада Советского союза в Беларуси Постановлением Совета Министров РБ от 08.07.1992 г. № 418 на базе Концерна Порошковой Металлургии создано Государственное Учреждение «Научно-исследовательский и конструкторско – технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством» (НИКТИ СП с ОП).

Сегодня НИКТИ СП с ОП занимается проведением фундаментальных и прикладных исследований, направленных на создание новых конкурентоспособных видов сварочной техники и материалов; подготовкой концепций и прогнозов развития сварки, дефектоскопии и защитных покрытий; методическим руководством научно-техническими программами Республики в области сварки и защитных покрытий; координацией подготовки, переподготовкой и повышением квалификации, аттестацией и сертификацией рабочих и специалистов по сварке, дефектоскопии и качеству выпускаемой продукции, созданием унифицированных систем документации, стандартов и других нормативных документов в области сварки, пайки, наплавки и нанесения защитных покрытий; разработкой систем информационного обеспечения, изданием научно-технической и производственной литературы.

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СВАРКИ

Сварка является одним из ведущих технологических процессов мирового промышленного комплекса. Доля изделий, изготавливаемых с помощью сварки и родственных технологий, превышает 50% ВВП с тенденцией постоянного роста. На изготовление сварных конструкций расходуется около 75% перерабатываемого металла. Расход электроэнергии в сварочном производстве промышленных предприятий достигает 15% от общего расхода, а все возрастающее применение существующих и внедрение новых технологий сварки, наплавки и резки является одним из важнейших факторов научно-технического прогресса.

Мировые тенденции развития сварочного производства связаны с разработкой и внедрением современных технологических процессов, сварочных материалов, оборудования и методик расчета, обеспечивающих повышение эксплуатационных свойств сварных конструкций и их конкурентоспособности, повышение качества, снижение себестоимости и вредного влияния на сварщиков и окружающую среду, развитием сварки с пониженными тепловложениями и системами активного контроля за процессами, внедрением высокоэффективных процессов и увеличением уровня наукоемкости выпускаемой продукции. Наблюдается постоянный рост уровня механизации, автоматизации и роботизации, компьютерного обеспечения, применения энерго- и материалосберегающих способов сварки, переход на новые конструкционные материалы с целью снижения энерго-, материало- и металлоемкости конструкции и издержек производства в 1,5 – 2,0 раза к 2020 г.

В сварочном производстве используется большая номенклатура сварочных материалов, в том числе:

- покрытые металлические электроды различных диаметров (2,0...5,0 мм), марок и назначения;
- сварочная проволока, в том числе порошковая, различных диаметров (0,8...2,0 мм), марок и назначений;
- сварочные флюсы и припои;
- горючие (ацетилен, пропан-бутан, водород), защитные (аргон, углекислый газ, азот) газы, кислород;
- вольфрамовые электроды.

В таблице 1 приведены данные, характеризующие мировую тенденцию

производства сварочных материалов, из которой видно, что в общем объеме потребления сварочных материалов основную долю их снижения к 2000 г. на 17% составляют покрытые электроды. При этом наблюдается устойчивый рост применения порошковой проволоки и сплошной проволоки для MIG/MAG сварки.

Структура мирового рынка сварочных материалов, %

Таблица 1

Наименование материалов	1990 г.	2000 г.
Покрытые электроды	38,6	32,0
Сплошные проволоки для MIG/MAG сварки	31,3	33,5
Порошковые проволоки	13,5	15,5
Проволока для сварки под флюсом	3,1	3,6
Сварочные флюсы	4,5	5,4
Прутки для газовой сварки и TIG сварки	9,0	8,0
Итого :	100,0	100,0

Ежегодная потребность в сварочных электродах с учетом расширения объема ремонтных работ, по ориентировочным расчетам составляет порядка 2,5 тыс. тонн и может быть сокращена за счет перехода к прогрессивным технологическим процессам до 2 тыс. тонн, в то время как по результатам опроса предприятий она составляет не менее 3 тыс. тонн, что свидетельствует о планируемом расширении объемов работ с одной стороны, и о существенном повышении расхода по сравнению с нормативным с другой стороны. В сложившейся ситуации ежегодный объем импорта сварочных электродов в республику составляет около 1,0 млн. долларов США за счет закупки прежде всего электродов специального назначения объемам до 0,3 тыс. тонн. Вместе с тем в настоящее время организовано производство сварочных электродов по разработанным НИКТИ СП с ОП техническим условиям : ТУ РБ 14507777.008-98 «Электроды покрытые металлические марки МР-3-4» № гос.регистрации 007825 от 3.11.98 г.; ТУ РБ 14507777.007-99 «Электроды покрытые металлические марки МР-ЗИ» № гос.регистрации 008732 от 23.04.99 г.; ТУ РБ 100217285.011-2000 «Электроды покрытые металлические марки МР-ЗИМ» № гос.регистрации 011607 от 10.11.2000 г. на предприятии «Райагропромэнерго» (г. Мядель), а по ТУ РБ 100217285.016-2000 «Электроды покрытые металлические марки АНО-24БИ» на предприятиях «Райагропромэнерго» (г.Мядель) и «Райагропромобъединения» (г.Дятлово), по ТУ РБ 100217285.020-2001 «Электроды покрытые металлические марки ОЗН-6/Б» на предприятиях ГЗПД (г.Гомель) и «Райагропромэнерго» (г.Мядель), по ТУ РБ 100217285.022-2001 «Электроды покрытые металлические марки МР-ЗБЛ» на предприятии «Райагропромэнерго» (г.Мядель).

Раздел Сварка . 1. Электрогазосварочные работы.

По физическим признакам сварка делится на 3-ри класса:
I. термический, II. термомеханический, III. механический.

к I классу относятся следующие виды сварки :

- 1). дуговая, 2). электрошлаковая, 3). электронно-лучевая,
- 4). ионно-лучевая, 5). плазменная, 6). плазменно-лучевая,
- 7). газовая, 8). термитная.

II. термомеханический класс делится на виды :

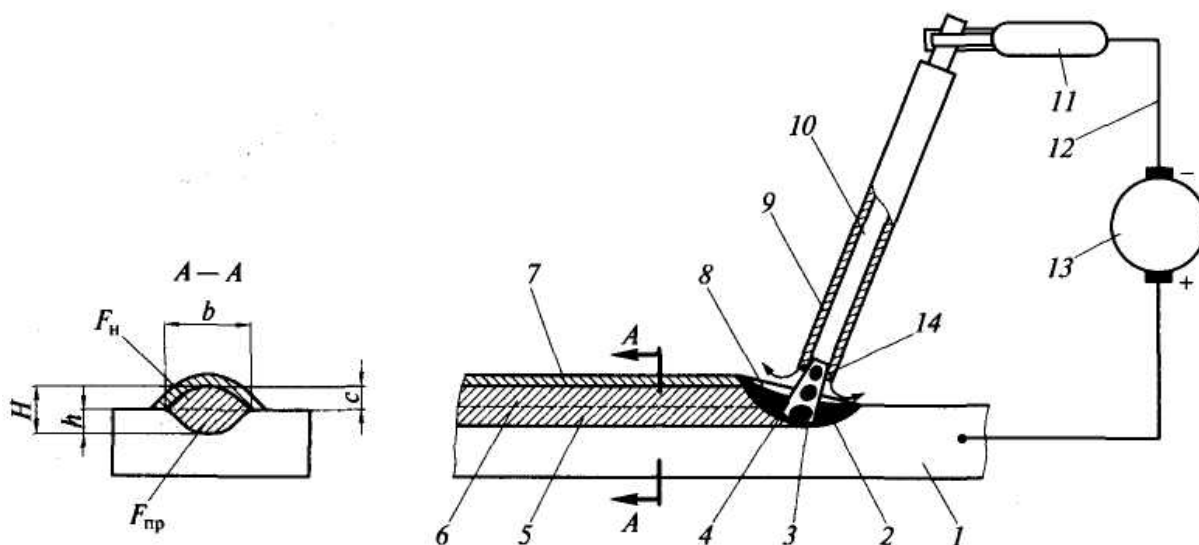
- 1). контактная, 2). диффузионная, 3). газопрессовая.

III. Механический класс делится на виды :

- 1). взрывом, 2). ультразвуком, 3). диффузионная.

Определение :

Сварка – это процесс получения неразъемных соединений в узлах и целых конструкциях, осуществляемый посредством установления межатомных связей, за счет межатомных сил сцепления, между свариваемыми частями при их нагреве или пластическом деформировании.



Ручная дуговая сварка покрытым металлическим электродом:

1 — основной металл; 2 — сварочная ванна; 3 — капля; 4 — сварочная дуга; 5 — проплавленный металл; 6 — наплавленный металл; 7 — шлаковая корка; 8 — жидкий шлак; 9 — покрытие электрода; 10 — стержень электрода; 11 — электрододержатель; 12 — сварочная цепь; 13 — источник питания; 14 — парогазовая защитная атмосфера

1. Сварочные соединения.

По своей природе сварка – сложный и разнообразный по форме металлургический процесс. Образование сварных соединений происходит в большинстве случаев при нагреве в узкой зоне кристаллизации с образованием сварного

шва за счет свариваемого металла или при помощи промежуточного, называемого присадочным.

Все способы сварки можно разделить на две группы : сварка совместной пластической деформацией соединяемых деталей (стыков) (сварка давлением); сварка совместным плавлением этих стыков. Существуют также промежуточные методы сварки с применением одновременно пластической деформации и плавления. К ним относятся три метода электрической контактной сварки : точечную, роликовую, шовную и стыковую.

В зависимости от способа подачи присадочного металла и флюсов к месту сварки (соединению деталей) различают ручной, автоматический и полуавтоматический способы сварки.

ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Стыковые соединения (рисунок 1,а-ж) различают по виду предварительной подготовки кромок. В зависимости от толщины свариваемого металла производят различную подготовку кромок, которая для ручной электродуговой сварки и автоматической сварки под слоем флюса регламентируются соответственно ГОСТ 5264-58 и ГОСТ 8713-58.

При толщине металла до 3 мм применяют отбортовку без зазора (рисунок 1,а), высота бортика $h = 2s$; при толщине металла до 4 мм сварку производят без разделки кромок при зазоре до 2мм (рисунок 1,б). Металл толщиной 13-15 мм свариваются односторонней V – образной разделкой кромок (рисунок 1,в); при толщине металла 15 мм рекомендуется двухсторонняя X – образная разделка кромок (рисунок 1,г). Металл толщиной более 20 мм сваривают с чашеобразной разделкой кромок, которая может быть односторонней и двусторонней (рисунок 1,д,е).

Соединения в нахлестку (рисунок 1,ж) выполняют угловыми швами, величина нахлестки равна трех – пятикратной толщине свариваемых элементов.

Угловые соединения (рисунок 1,з) производят без скоса и со скосом кромок.

Тавровые соединения выполняют приваркой одного элемента изделия к другому (рисунок 1,и). Без скоса кромок саривают конструкции с малой нагрузкой. При изготовлении ответственных конструкций с элементами толщиной 10 – 20 мм применяют односторонний скос, а при толщине более 20 мм двусторонний.

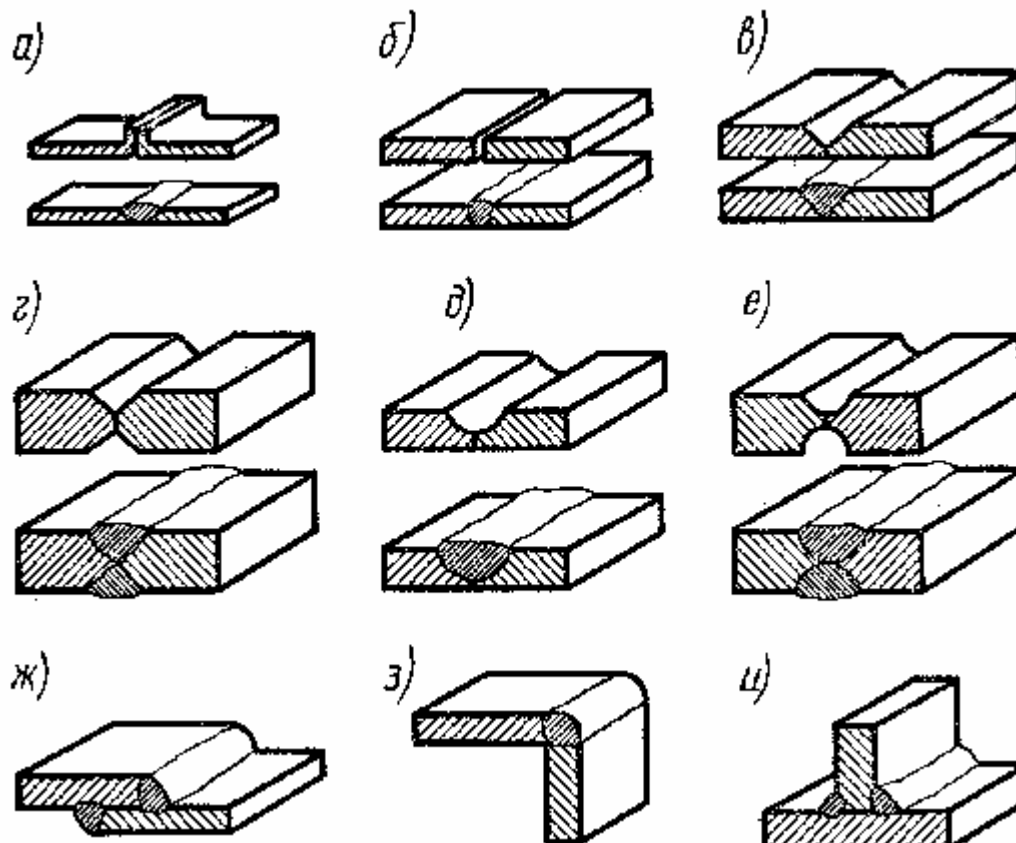


Рисунок 1 - Виды сварных соединений

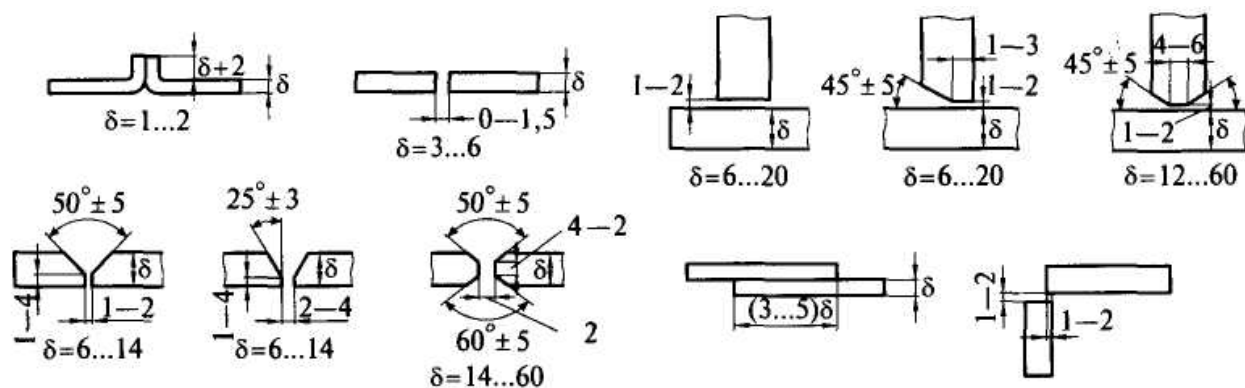


Рис 1а - Разделка кромок под сварку элементов различной толщины

Какие нормы применяются для оценки качества сварных соединений.

Для оценки качества сварных соединений должны применяться такие нормы, которые полностью исключили бы выпуск изделий с дефектами, снижающими их прочность и эксплуатационную надежность. Нормы оценки качества сварных соединений

устанавливаются НТД на изготовление, монтаж и ремонт трубопроводов, НТД на сварку и технологической инструкцией по сварке.

Качество сварных соединений считается неудовлетворительным, если в них при любом виде контроля будет обнаружен хотя бы один внутренний или наружный дефект, выходящий за пределы норм, установленных «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», НТД на изготовление трубопроводов и технологической инструкцией по сварке, в том числе :

а) трещины всех видов и направлений, расположенные в металле шва, по линии сплавления и в околошовной зоне основного металла, а также и микротрещины, выявляемые при микроисследовании;

б) непровары (несплавления), расположенные по поверхности и по сечению сварного соединения (между отдельными валиками и слоями шва и между основным металлом и металлом шва);

в) непровары в корне угловых сварных соединений, выполненных без разделки кромок;

г) поры, расположенные в виде сплошной сетки;

д) наплывы;

е) незаваренные кратеры;

ж) свищи;

з) незаваренные прожоги в металле шва;

и) прожоги и подплавления основного металла (при стыковой контактной сварке труб);

к) смещение кромок выше норм;

л) подрезы основного металла труб.

КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРНЫХ ШВОВ

Сварные соединения всех типов делают сварным швом, который представляет собой затвердевший наплавленный металл, образовавшийся в процессе сварки.

Сварные швы подразделяются по следующим признакам :

по положению в пространстве (рисунок 2,а) – на нижние, горизонтальные, вертикальные и потолочные;

по положению относительно действующего усилия (рисунок 2,б) – на фланговые, торцовые или лобовые и косые;

по протяженности (рисунок 2,в) – на непрерывные или сплошные и прерывистые;

по внешней форме (рисунок 2,г) - на нормальные, выпуклые и вогнутые.

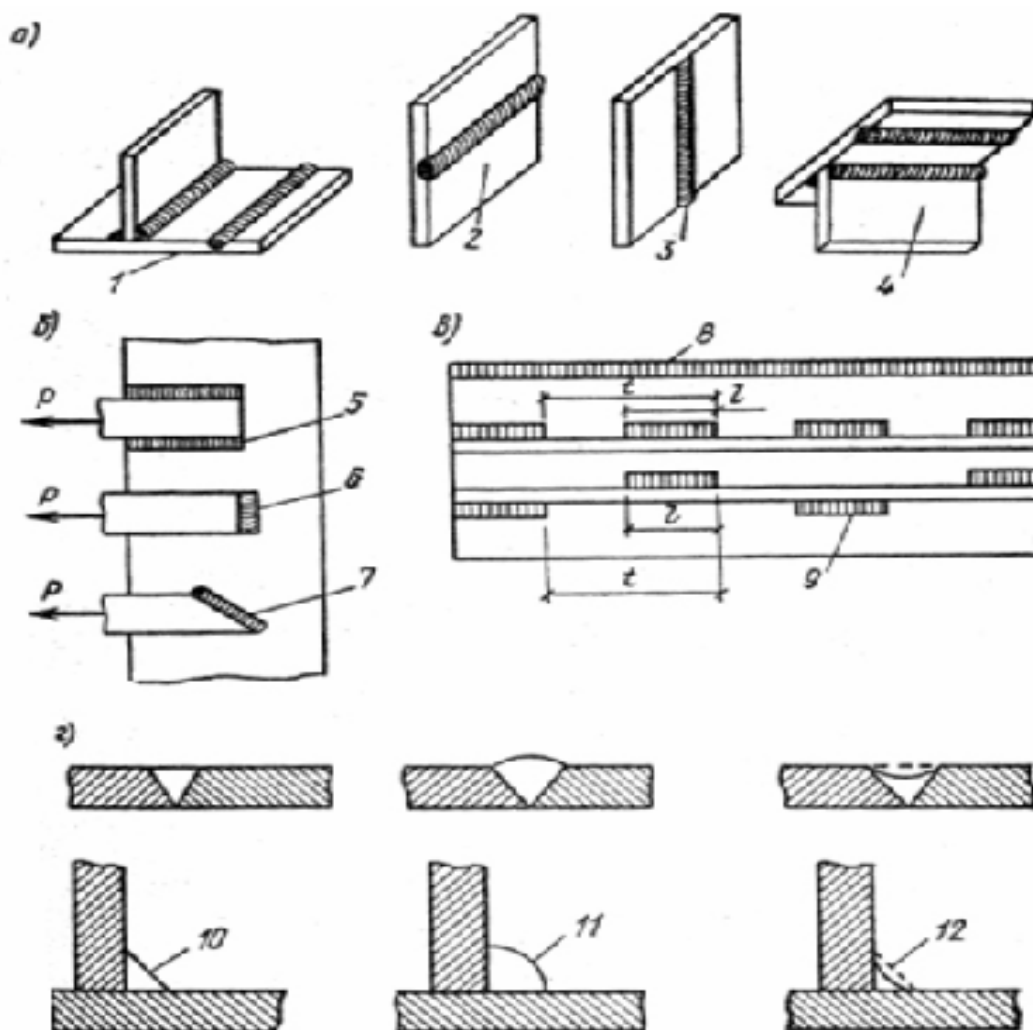


Рисунок 2 - Классификация сварных швов

1-нижний; 2-горизонтальный; 3-вертикальный; 4-потолочный; 5-фланговый; 6-торцовый или лобовой; 7-косой; 8-непрерывный; 9-прерывный; 10-нормальный; 11-выпуклый; 12-вогнутый.

Основным видом сварного шва принят *нормальный шов*.

Прерывистые швы применяют в тех случаях, если шов не ответственный (сварка ограждений, настилов и т.п.). Такие швы делают в целях экономии материалов и электроэнергии.

Длину L провариваемых участков прерывистого шва принимают от 50 до 150 мм, а промежутки между ними делают примерно вдвое больше.

Расстояние от начала предыдущего шва до начала последующего называют шагом шва t .

При выполнении сварного шва в начале определяют режим сварки, обеспечивающий хорошие качества сварного соединения. Режимом сварки называют совокупность параметров, определяющих процесс сварки: вид тока, диаметр электрода, напряжение и величина сварочного тока, длина дуги и др. При сварке воздухопроводов из малоуглеродистой стали применяется

главным образом сварка на постоянном токе. Перед сваркой кромки металла необходимо очистить от масла, грязи, ржавчины, воды.

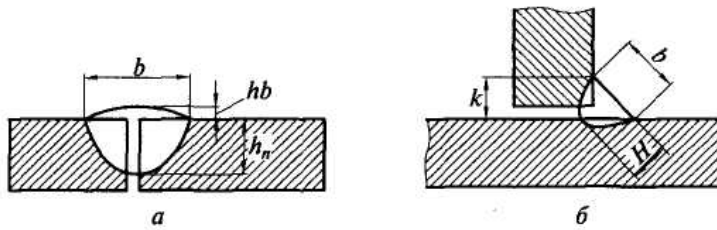


Рисунок 3 - Геометрическое очертание сечения сварных швов:

a — стыковой шов;
б — угловой шов.

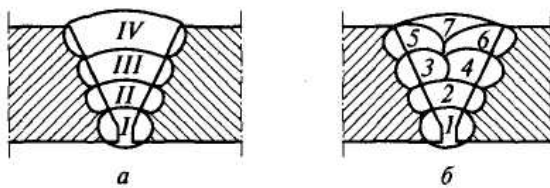


Рисунок 4 - Схемы многослойных (а) и многопроходных (б) швов:

I, II, III, IV— номера слоев;
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 — номера проходов.

Многослойная сварка

При многослойной сварке каждый слой шва должен быть очищен от шлака и брызг металла перед наложением последующего шва. Сварка должна быть разнонаправленной, при чем замыкающие участки швов располагаются в разбежку (рисунок 12) Порядок наложения швов при сварке зависит от диаметра трубы, марки стали, положение стыка.

Многослойная сварка сама снимает усадочные напряжения металла. Первый слой должен обеспечивать полный провар корня шва, второй – полный провар кромок шва, 3 – создать усилия шва (рисунок 13)

Сварку неповоротных и поворотных стыков труб с толщиной стенки 6мм следует выполнять не менее чем в два слоя(рисунок 13,а),при толщине стенок труб 8-11мм-в три слоя (рисунок 13,б).

Первый слой составляет 15 ÷ 20 % толщины стенки трубы, усиление шва - 1 ÷ 3 мм. При первом слое металл шва должен выступать внутрь трубопровода в виде узкого валика высотой 1 ÷ 2 мм. Второй и третий слой накладываются работая более толстыми электродами. Качество сварки можно проверить визуально. При этом шов должен иметь выпуклую равномерную поверхность с усилением 1 ÷ 3 мм, не должно быть подрезов по длине, трещин и непроваренных участков.

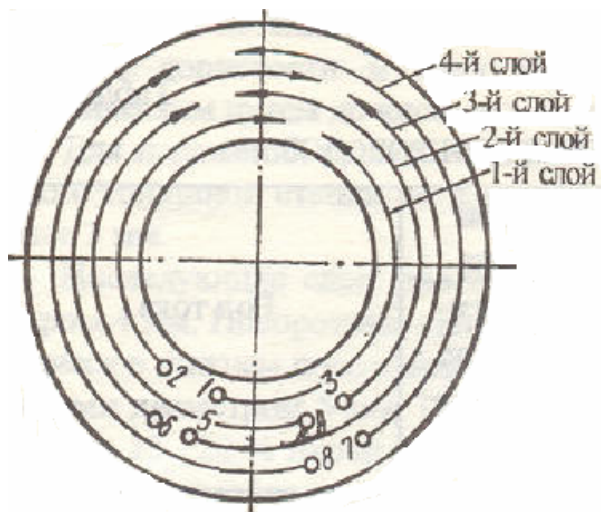


Рисунок 5 - Порядок наложения слоев сварки в сечении трубопровода 1,2,3,4- направление слоев сварки «вразбежку».

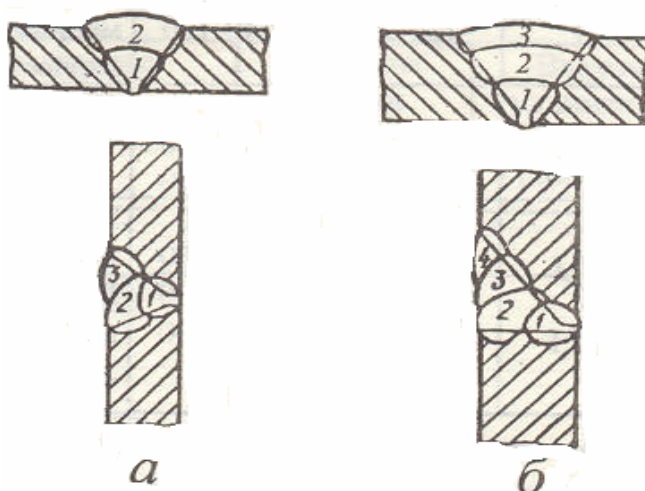


Рисунок 6 Порядок наложения слоев при сварке труб с различной толщиной стенки:
 а - для труб $\delta = 4 \dots 6$ мм;
 б - для труб $\delta = 8 \dots 11$ мм

При выполнении сварного шва в начале определяют режим сварки, обеспечивающий хорошие качества сварного соединения. Режимом сварки называют совокупность параметров, определяющих процесс сварки: вид тока, диаметр электрода, напряжение и величина сварочного тока, длина дуги и др. При сварке воздуховодов из малоуглеродистой стали применяется главным образом сварка на постоянном токе. Перед сваркой кромки металла необходимо очистить от масла, грязи, ржавчины, воды.

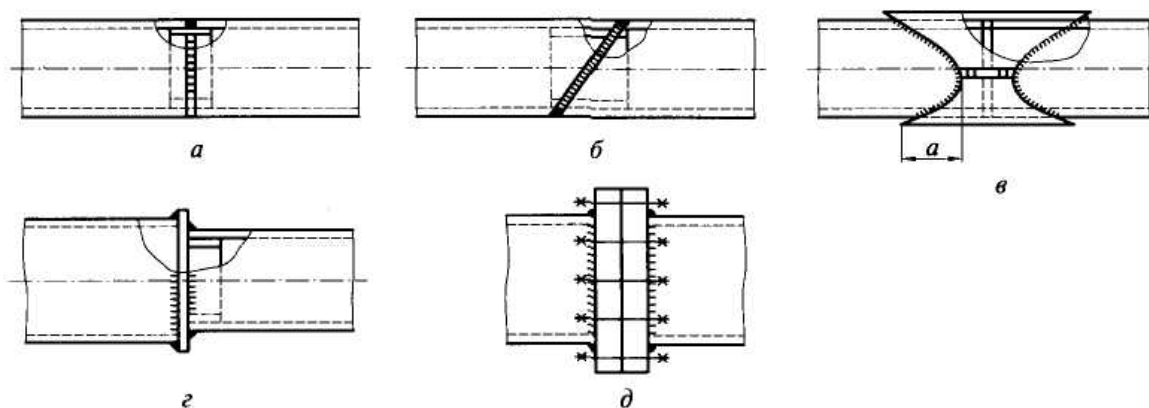


Рис. 7 - Стыковые соединения труб для изготовления опор под трубопроводы, кронштейнов, консолей или ферм:

a — прямой с подкладным кольцом; *б* — то же, косой; *в* — с наружными накладками; *г* — сварной через торцевой фланец; *д* — болтовое фланцевое .

2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ СВАРКИ РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

Ручная электродуговая сварка производится под действием электрического тока, который через электродержатель 12 и сварочный провод 9 подводится к электроду (рисунок 3) от источника тока и по второму проводу – к свариваемому металлу. Когда сварщик касается электродом поверхности металла, между электродом и металлом возникает короткое замыкание, в результате чего в точках контакта плотность тока достигает больших значений, выделяется большое количество теплоты $t = 5000 \div 6000^{\circ}\text{C}$ и металл мгновенно расплавляется, образуя жидкую перемычку между свариваемым металлом и электродом.

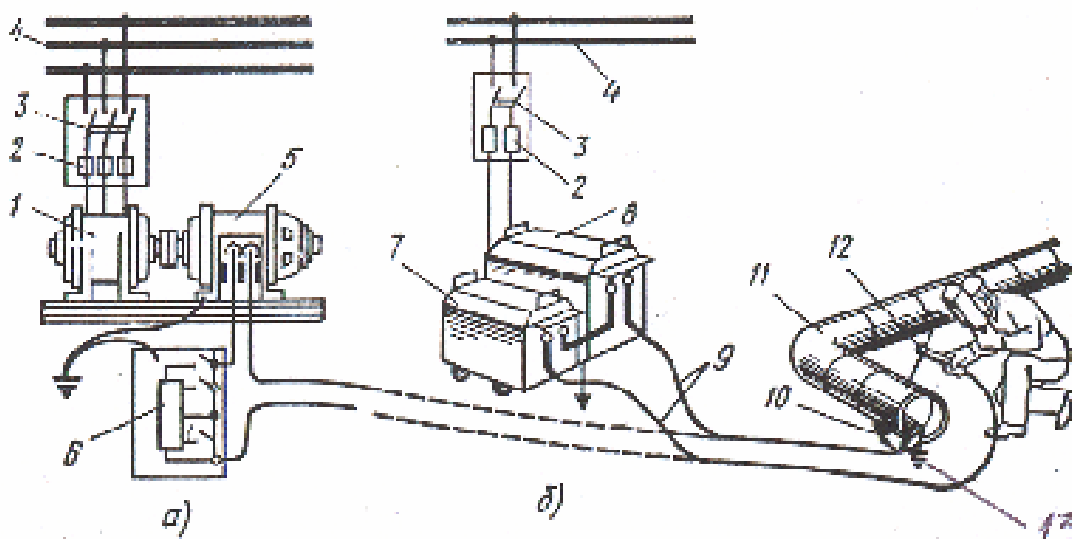


Рисунок 3 Ручная дуговая сварка

a – постоянным током; *б* – переменным; 1 – электродвигатель; 2 – предохранители; 3 – рубильник; 4 – электрическая сеть; 5 – генератор; 6 – реостат; 7 – дроссель; 8 – сварочный трансформатор; 9 – провода; 10 – зажим; 11 – трубопровод; 12 – электродержатель; 13 – заземление

При отводе электрода от поверхности металла на некоторое расстояние возникает электрическая дуга.

Электрическая сварочная дуга. Сварочная дуга представляет собой мощный длительный электрический разряд в газах, который характеризуется выделением большого количества теплоты и сильным световым эффектом. Температура дуги достигает 6000 — 8000 °С. Зона дугового разряда может быть разделена на три части: катодное пятно, столб дуги и анодное пятно.

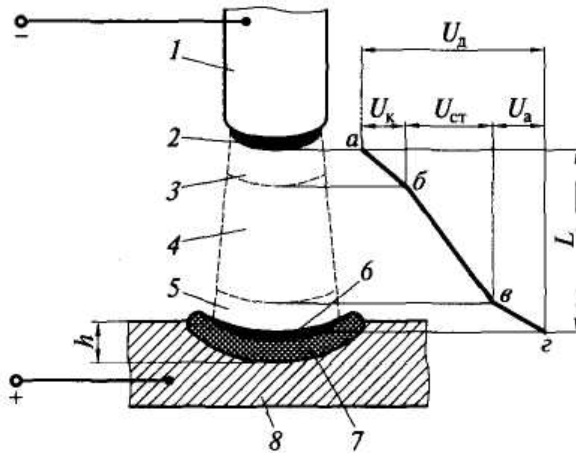


Схема строения электрической дуги:

1 — электрод; 2 — катодное пятно; 3 — катодная область; 4 — столб дуги; 5 — анодная область;
 б — анодное пятно; 7 — сварочная ванна; 8 — основной металл; абег — кривая падения напряжения в дуге; U_k — падение напряжения в катодной области $U_{ст}$ — в столбе дуги; U_a — в анодной области; U_d — напряжение дуги; L — длина дуги; h — глубина проплавления (провар).

При ручной дуговой сварке сварщик подает электрод и перемещает электрическую дугу вдоль свариваемых кромок.

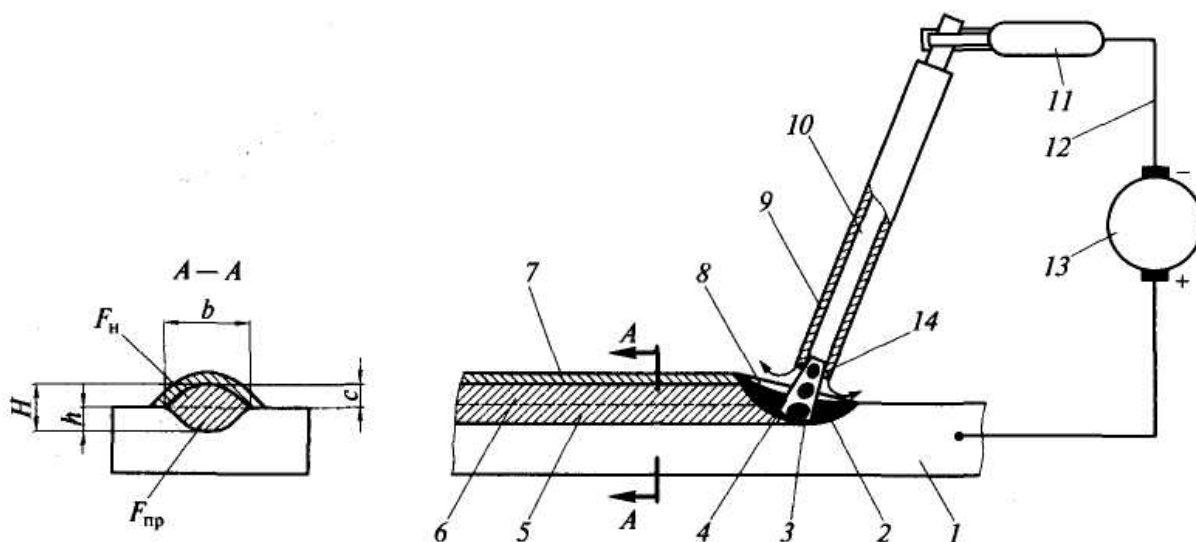
Дуговую сварку выполняют :

- постоянным
- переменным током

Постоянным током обеспечивается высокое качество сварки

Сварка переменным током экономична и удобна. Ток от сети 4 переменного тока напряжением 220, 380 В подается к сварочному трансформатору 8, который понижает напряжение до величины необходимой для возбуждения и устойчивого горения дуги (напряжением 60 ÷ 80 В) и по сварочным проводам 9 через зажим 10 и электродержатель 12 проводится к свариваемой детали 11.

Для ручной дуговой сварки применяют металлические электроды – это стальные стержни круглого сечения с нанесенным покрытием.



Ручная дуговая сварка покрытым металлическим электродом:

1 — основной металл; 2 — сварочная ванна; 3 — капля; 4 — сварочная дуга; 5 — проплавленный металл; 6 — наплавленный металл; 7 — шлаковая корка; 8 — жидкий шлак; 9 — покрытие электрода; 10 — стержень электрода; 11 — электрододержатель; 12 — сварочная цепь; 13 — источник питания; 14 — парогазовая защитная атмосфера

Электрошлаковая сварка.

Процесс электрошлаковой сварки происходит за счет тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через расплавленный флюс (шлак), имеющей большое электросопротивление.

При высокой температуре жидкого шлака, превышающей температуру плавления свариваемого металла, кромки основного металла и электродная проволока плавится, образуя общую ванну жидкого металла. Схема электрошлаковой сварки представлена на рисунке 4.

Свариваемые детали 1 расположены вертикально. Между свариваемыми кромками детали и медными формующими ползунами 2 устанавливают один или несколько электродов 5 и помещают флюс. Ползуны 2 охлаждаются водой через трубки 7. Процесс сварки начинается с возбуждения электрической дуги между электродами и начальной планкой и нижней частью детали. Расплавленный металл 3 находится на дне ванны, а над ним образуется слой расплавленного флюса 4. Когда над расплавленным металлом образуется слой высоконагретого жидкого шлака электродуговая плавка переходит в электрошлаковый процесс. Непрерывность процесса сварки обеспечивается равномерной подачей электродов и их перемещением вверх вдоль свариваемого шва, а так же перемещением ползунов по мере затвердевания металла шва 6.

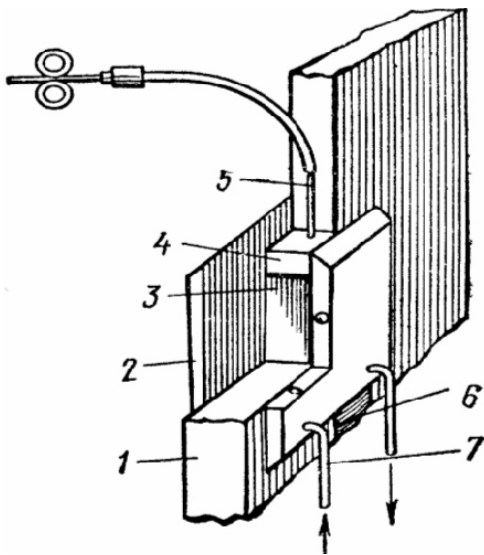


Рисунок 4 Схема электрошлаковой сварки

Главная особенность электрошлаковой сварки – возможность сварки деталей толщиной до 100 – 120 мм за один проход одним электродом; при многоэлектродной сварки можно сваривать детали практически любой толщины. Преимуществом электрошлаковой сварки является эффективное применение трехфазного тока. В результате появились разные виды электрошлаковой сварки: сварка электродными проволоками, пластинками, плавящимся мундштуком стыковая.

Полуавтоматическая дуговая сварка

При полуавтоматической дуговой сварке – механизировано подается только электрод а перемещение дуги вдоль свариваемого шва выполняет сварщик. Этот вид сварки осуществляется в углекислом газе сварочными полуавтоматами А – 1197, ПДГ – 502 и др. Этот вид сварки обеспечивает высокое качество соединения и широко используется на монтажных заводах.

При автоматической дуговой сварки подачи электродов и перемещение дуги производится автоматически. Такую сварку осуществляют сварочными трактами ТС – 17 МУ 6, УАСТ – 70 – 114 и др. Этот вид сварки обеспечивает высокое качество шва, экономию электродного металла и электроэнергии, позволяет сваривать металл толщиной до 10 мм, без подготовки кромок, улучшить условия труда. Автоматическая сварка под флюсом в основном используется для сварки труб $d > 100$ мм и металла толщиной до 10 мм.

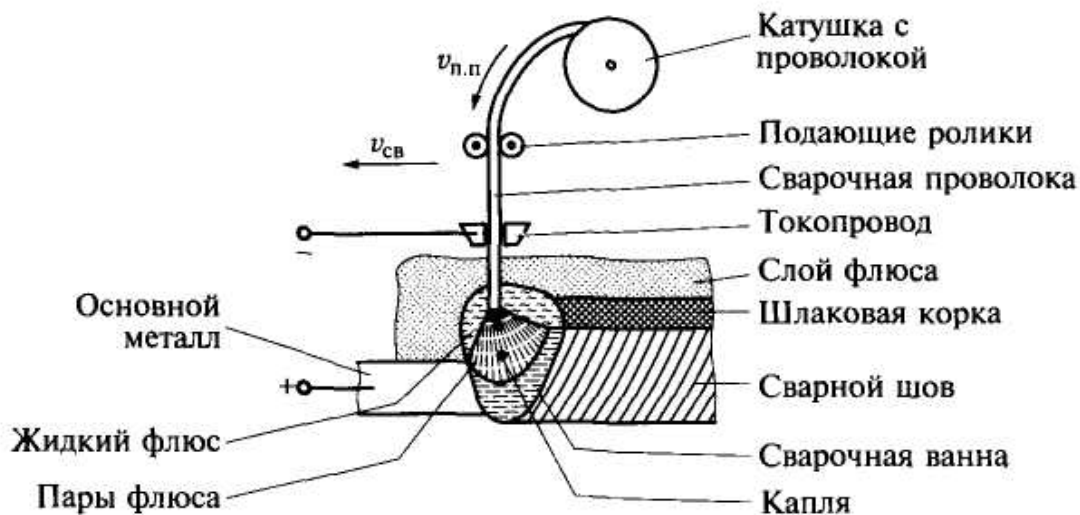


Схема процесса автоматической дуговой сварки под флюсом:
 $v_{п.п.}$ — скорость подачи проволоки; $v_{св.}$ — скорость сварки

Сварка под флюсом

При автоматической дуговой сварке управление электрической дугой, подачу присадочного материала и флюсов, установку и передвижение каретки вдоль шва осуществляют специальные механизмы.

Схему установки и процесс автоматической сварки горизонтального стыкового шва электродной проволокой под слоем флюса показаны на рисунке 5.

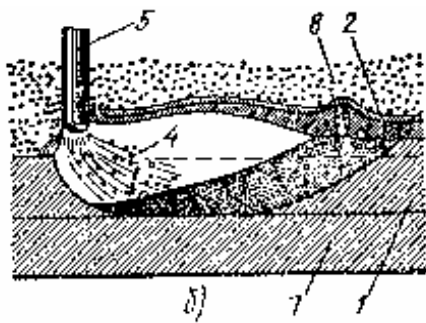


Рисунок 5 Автоматическая дуговая сварка под флюсом
 1-шов; 2-шлак; 4-капли металла; 5-электрод; 7-основной металл; 8-флюс.

Под автоматом располагают изделия, подготовленные под сварку. Ток от источника питания (обычно переменный) приводят к свариваемому изделию и к сварочной головке. При сварке на подготовленные кромки изделия впереди электрода насыпается флюс из бункера. Дуга возбуждается между свариваемым изделием и электродной проволокой. При горении дуги образуется жидкая металлическая сварочная ванна, закрытая сверху расплавленным шлаком и оставшимся нерасплавленным флюсом. Дуга горит под слоем флюса и, следовательно без доступа воздуха. Нерасплавившийся флюс отсасывается шлангом в бункер. Шов имеет ровную мелкочешуйчатую поверхность серебристого цвета; сверху он покрыт коркой шлака, легко удаляемый от поверхности шва. При автоматической сварки под слоем флюса применяют ток до 3000 – 4000 А.

ДУГОВАЯ СВАРКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Особенности этого вида сварки в том, что электрическая сварочная дуга горит в струе газа, защищающей металл от вредного воздействия окружающего воздуха. В качестве защитных применяют инертные и активные газы (водород, окись углерода или их смесь с азотом). Наибольшее распространение получили аргоно-дуговая сварка и сварка в среде углекислого газа.

Аргоно – дуговая сварка. Аргон – инертный газ – хранят и транспортируют в специальных стальных баллонах под давлением 15 МПа. Для сварки меди и ее сплавов применяют аргон, содержащий кислорода до 0,02 %, а для сварки низколегированных и хромоникелевых сталей – чистый аргон. При сварке алюминиевых и магниевых сплавов суммарное содержание примесей в аргоне может составлять от 0,05 до 0,1 %. Аргоно – дуговую сварку осуществляют 3 способами :

- ручной сваркой неплавящимся (вольфрамовым) электродом;
- полуавтоматической и автоматической сваркой неплавящимся электродом;
- то же, плавящимся электродом.

Сварку неплавящимся электродом обычно ведут на переменном токе с применением осцилляторов или на постоянном токе обратной полярности. Такую схему включения применяют при сварке алюминиевых сплавов, когда за счет эффекта катодного распыления происходит разрушение поверхностных окисных пленок. При сварке неплавящимся электродом (рис.6,а) дуга горит между вольфрамовым (или угольным) электродом 3 и свариваемым изделием 1. В зону пламени дуги 5 подается присадочный пруток 2, изготовленный из металла, близкого по химическому составу к основному металлу. Металлический пруток и основной металл образуют ванну 6 расплавленного металла. Сварка осуществляется специальной горелкой в которой укреплен электрод 3. По ка налу горелки в зону дуги подается аргон 4.

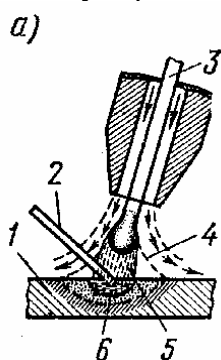


Рисунок 6,а - Аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом

1-свариваемое изделие; 2-присадочный пруток; 3-электрод;
4-наконечник горелки; 5-пламя дуги; 6-ванна.

Сварку плавящимся электродом осуществляют проволокой диаметром 0,6 – 3,0 мм. Химический состав электродной проволоки выбирают в зависимости от свариваемого металла, требуемой прочности шва и т.д. Применение плавящегося электрода показана на рис.6,б. Пруток металла 8 автоматически подается в наконечник горелки 7. Защитный газ через специальный канал наконечника горелки 4 попадает в пламя дуги 5. Аргоно – дуговую сварку применяют для толстостенных изделий из углеродистой и легированной стали и сплавов на основе алюминия, магния и титана.

Атомно –водородная сварка является разновидность сварки в среде защитных газов. Особенность процесса в том, что молекулярный водород под влиянием высокой температуры дуги в промежутке между электродами превращается в атомарный по реакции $H_2 \Leftrightarrow 2H$. В нижней части дуги при соприкосновении газа с холодным свариваемым металлом атомарный водород превращается в молекулярный. При этом

выделяется большое количество тепла. Водород не только предохраняет металл шва от воздействия кислорода и азота атмосферного воздуха, но и восстанавливает окислы металлов образующиеся в зоне сварки.

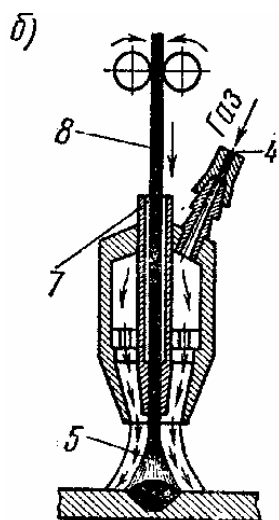


Рисунок 6,б Аргоно-дуговая сварка плавящимся электродом
4-наконечник горелки; 5-пламя дуги; 7-наконечник горелки;
8-пруток металл.

Схема атомно – водородной сварки приведена на рис.6,в. Сварочная дуга возбуждается двумя вольфрамовыми или угольными электродами 1, расположенными под углом 45° . Вдоль каждого электрода по каналу подается струя водорода. Напряжение источника тока для облегчения зажигания дуги составляет 250 – 350 В, а рабочее напряжение равно 30 – 120 В. Сварочный ток относительно небольшой (10 – 70 А). Атомно – водородную сварку

осуществляют горелкой особой конструкции. Присадочный металл 2 вводят в зону сварки 3 обычным способом. Сравнительно ограниченное применение этого способа объясняется сложностью и высокой стоимостью оборудования, а так же опасностью поражения током высокого напряжения.

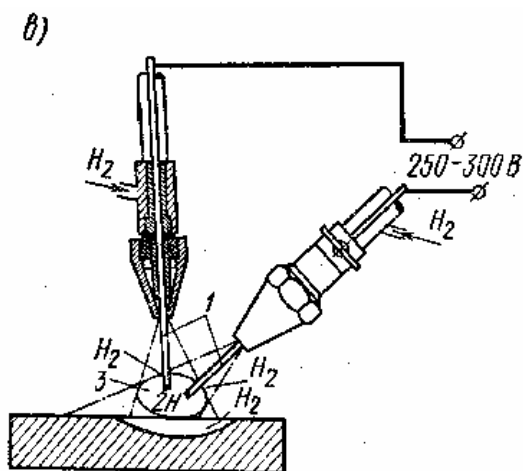


Рисунок 6,в Аргоно-дуговая сварка атомноводородная сварка
1-свариваемое изделие; 3-электрод;

Сварка в среде углекислого газа - наиболее экономичный способ сварки малоуглеродистых и среднелегированных сталей. Углекислый газ транспортируют в баллонах емкостью 40 дм³ под давлением 5 – 10 Па. В таком баллоне содержится 25 кг жидкой кислоты, которая, испаряясь, образует 12,725 м³ углекислого газа. Схема сварки представлена на рис.6,г. Установка состоит из источников питания сварочного тока 1, газоподогревающей горелки 2, механизма подачи электродной проволоки 3, указателя расхода углекислого газа (ротаметра) 4, редуктора 5 (обычно после редуктора устанавливают осушитель влаги) и баллона 6 с углекислотой.

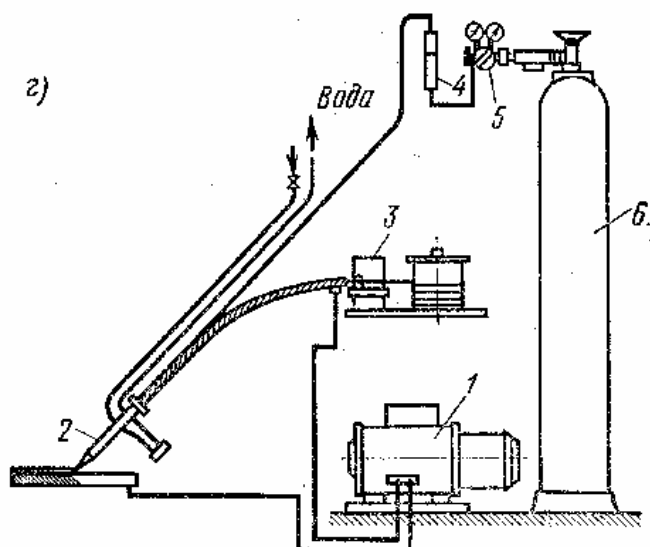


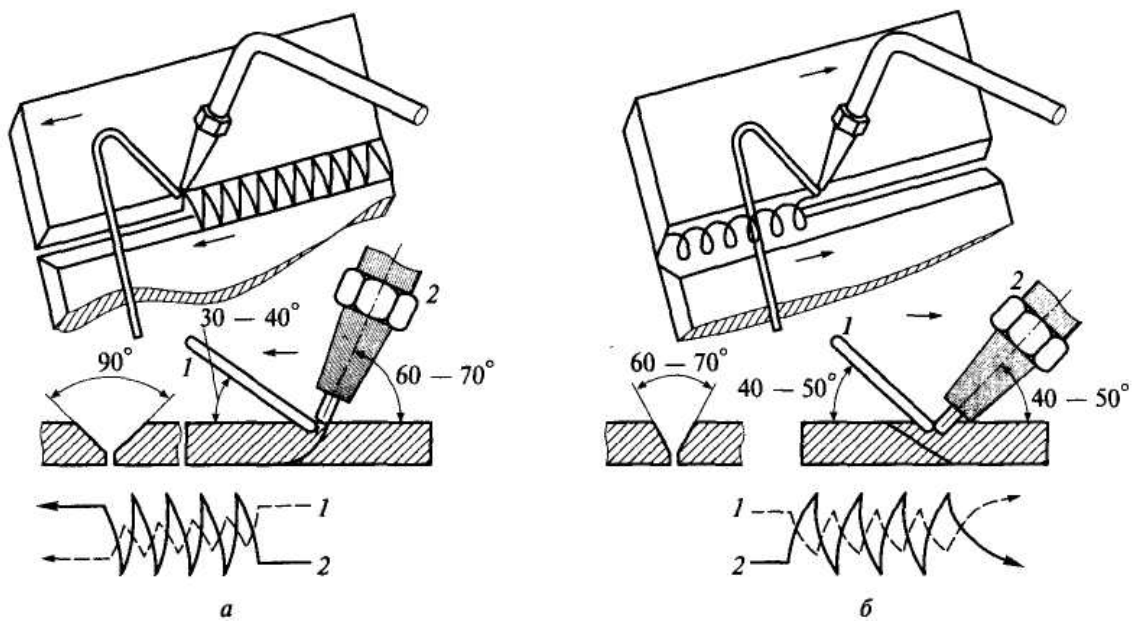
Рисунок 6,г Аргоно-дуговая сварка в атмосфере углекислого газа
 1-свариваемое изделие; 2-присадочный пруток; 3-электрод;
 4-наконечник горелки; 5-пламя дуги; 6-ванна.

Газоэлектрические горелки для малых токов (до 300 А) не имеют водяного охлаждения, а для токов более 300 А оборудованы таким охлаждением во избежание сильного перегрева при сварке. Особенностью сварки в среде углекислого газа является возможность в широких масштабах заменить ручную электродуговую сварку полуавтоматической и автоматической. При этом можно использовать электродную проволоку диаметром 0,6 – 2,0 мм, что обеспечивает высокую устойчивость процесса сварки, небольшое разбрызгивание и высокое качество сварных соединений. Однако следует учитывать, что при сварке некоторые элементы металла выгорают. Газоэлектрическая сварка в атмосфере углекислого газа наиболее эффективна для соединения тонких деталей.

ГАЗОВАЯ СВАРКА

Газовая сварка (рисунок 7) производится путем расплавления кромок соединяемых деталей и присадочной проволоки 2 пламенем газов (кислорода, ацетилена, бутана и др.) сжигаемых на выходе из горелки 3. Газовая горелка характеризуется не сложным оборудованием, отсутствием специальных источников энергии.

Широко распространена, хотя ее недостаток в высокой стоимости и низкой производительности. Применяется наиболее широко с горючих газов ацетилен.



Техника газовой сварки: *а* — левый способ; *б* — правый способ;
 1 — присадочный пруток; 2 — горелка

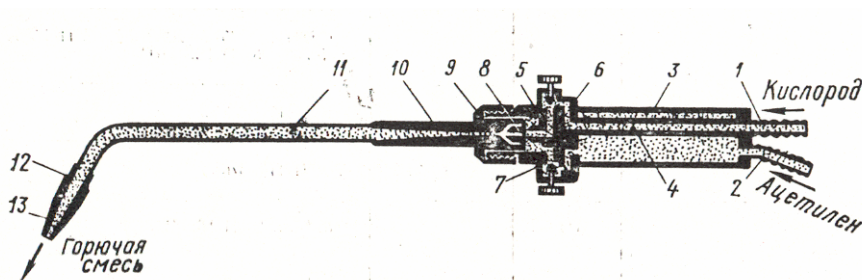


Рисунок - Схема инжекционной горелки

1 - кислородный ниппель; 2 - ацетиленовый ниппель; 3 - рукоятка; 4 - кислородная трубка; 5 - корпус; 6 - вентиль для кислорода; 7 - вентиль для ацетилена; 8 - инжектор; 9 - накидная гайка; 10 - смешивательная камера; 11 - наконечник; 12 - соединительный ниппель; 13 - мундштук

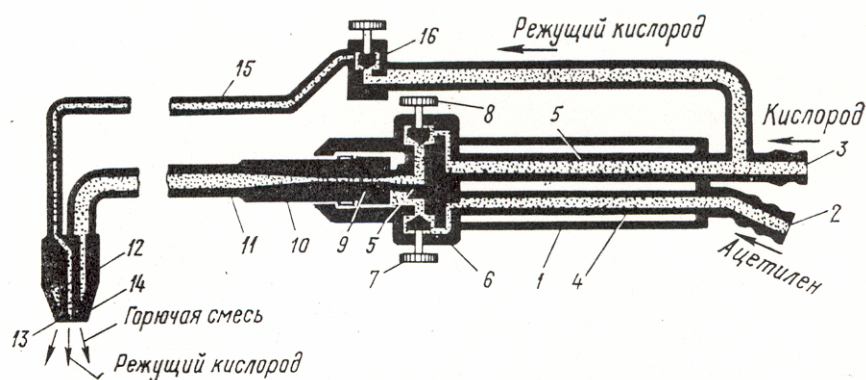


Рисунок Схема устройства резака

1 - рукоятка; 2 - ниппель ацетиленовый; 3 - ниппель кислородный; 4 - ацетиленовая трубка; 5 - трубка кислорода подогревающего; 6 - корпус; 7 - вентиль ацетиленовый; 8 - вентиль кислорода подогревающего; 9 - инжектор; 10 - смешивательная камера; 11 - трубка горячей смеси; 12 - головка; 13 - внутренний мундштук; 14 - наружный мундштук; 15 - трубка режущего кислорода; 16 - вентиль режущего кислорода

Плазменная сварка

Плазменная сварка – это местная сварка с помощью плазменной струи, которая получается в результате горения высокотемпературного ионизирующего газа. Минимальной температуры, при которой начинается самопроизвольное (автоматическая) ионизация газа, является температура свыше 5500°C . В сварке применяют плазменные струи с $t = 5500 \div 30000^{\circ}\text{C}$.

Схема получения плазменной дуги на рисунке 8.

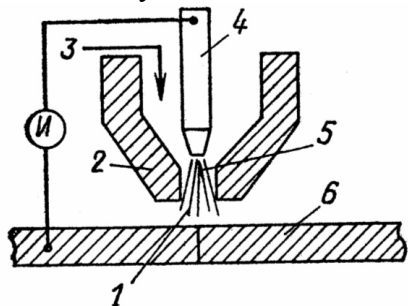


Рисунок 8 Схема получения плазменной дуги
1-струя плазмы; 2-плазмообразующее сопло; 3-газ; 4-электрод; 5-столб дуги;
6-изделие; И-источник тока.

Питание осуществляется от источника постоянного тока 7. Минус подводится к электроду 4, плюс – к соплу через изделие 6. Дуга горит между электродом 4 и соплом 2 с образованием струи плазмы 1. Одним из электродов является свариваемый металл 6.

К плазменной обработке металла относится:

- а) сварка;
- б) резка;
- в) наплавка.

Преимущество по отношению к дуговой сварке:

- 1) высокая производительность (в 4 раза и более);
- 2) низкая деформируемость обрабатываемого металла за счет высоких скоростей и резки;
- 3) меньшее количество отходов при резке металла благодаря получению более узкой щели реза, чем при кислородной резке.

Недостаток : плазменной обработке металлов заключается в создании сильного шума при работе плазмотрона.

Контактная сварка

Наиболее распространенный вид сварки из термомеханического класса – это контактный. Этот вид сварки осуществляется под давлением, при котором нагрев поверхности производится теплотой, выделяющейся при прохождении электрического тока через контактирующие места свариваемых деталей. Нагрев металла происходит при замыкании сварочной цепи, при этом в зоне сваривания металл расплавляется. После выключения тока жидкий металл ванны остывает (кристаллизуется) и образуется сварная точка. Применяют для соединения тонко-листовых металлов, стержней, труб и др.

Контактная сварка разделяется на

- 1) стыковую
- 2) точечную
- 3) шовную

При точечной сварке соединение деталей происходит на участках, ограниченных площадью торцов электродов, подводящих ток и передающих усилие сжатия. При точечной сварке (рисунок 9,а) листы и детали накладывают друг на друга и зажимают между электродами к которым приводится сварочный ток. Нагрев металла происходит при замыкании сварочной цепи, при этом в зоне свариваемых листов металл расплавляется. После включения тока жидкий металл ванны остывает (кристаллизуется) и образуется сварочная точка.

При шовной сварке (рисунок 9,б) листы металла соединяются в нахлестку в виде непрерывного или прерывного шва, выполняемого вращающимися дисковыми электродами к которым подведен ток и приложено усилие для сжатия деталей листов.

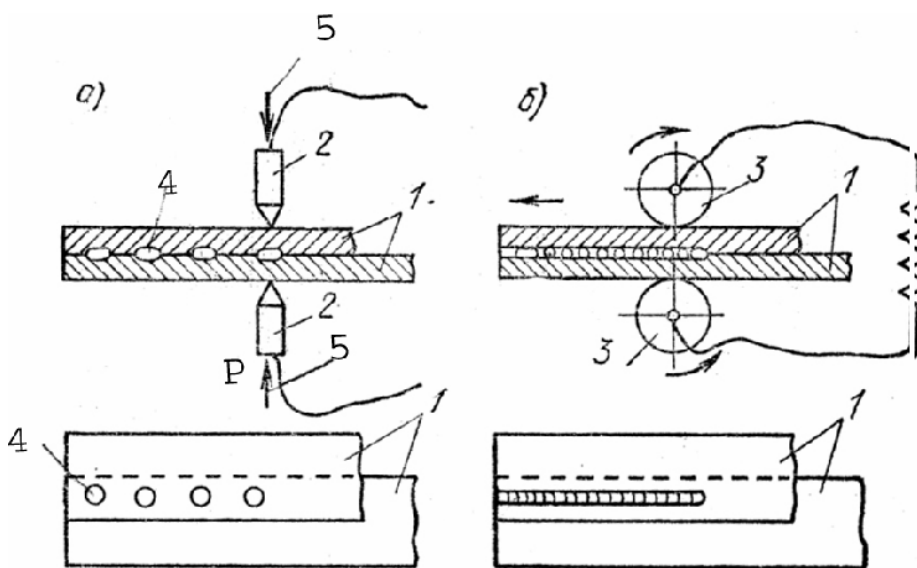


Рисунок 9 Контактная сварка на сварочном преобразователе ПСМ-1000

а)-точечная контактная сварка; б)-шовная контактная сварка;

1-свариваемые листы; 2-электроды; 3-прилагаемая сила сжатия; 4-сварная точка; 5-ролики-диски; 6-сварной шов.

Сварочные машины и аппараты

При сварке постоянным током электрическая дуга питается от сварочных машин, имеющих в качестве источника тока сварочные генераторы или выпрямители, а при переменном токе от сварочных трансформаторов.

Сварочная машина для дуговой сварки на постоянном токе в качестве источника тока имеет сварочный генератор и электродвигатель, приводящий генератор во вращение, а так же регулятор тока и другие механизмы. В ряде случаев генератор приводится во вращение двигателем внутреннего сгорания.

Сварочные генераторы по устройству и характеристикам отличаются от обычных генераторов, применяемых для силовых установок и освещения. Сварочный генератор должен обладать хорошими динамическими свойствами. Большое распространение получили однопостовые сварочные генераторы с внешне падающей характеристикой.

Наилучшими свойствами обладают генераторы с самовозбуждением, имеющие намагничивающую параллельную и размагничивающую последовательную обмотки.

Сварочные преобразователи ПС - 500 состоит из сварочного генератора постоянного тока и трехфазного асинхронного электродвигателя А – 72/4, соединенных между собой эластичной муфтой. Мощность генератора 28 кВт, величина тока 500 А, рабочее напряжение 40 В. агрегат предназначен для питания одной дуги. При выполнении сварочных работ на новостройках, при монтаже или полевых условиях, где нет электроэнергии, применяют неподвижные сварочные агрегаты, состоящие из сварочного генератора постоянного тока и двигателя внутреннего сгорания. Генератор и двигатель устанавливают на общей раме и соединяют эластичной муфтой (рисунок 11). В больших сварочных цехах применяют централизованную многопостовую систему питания электрическим током.

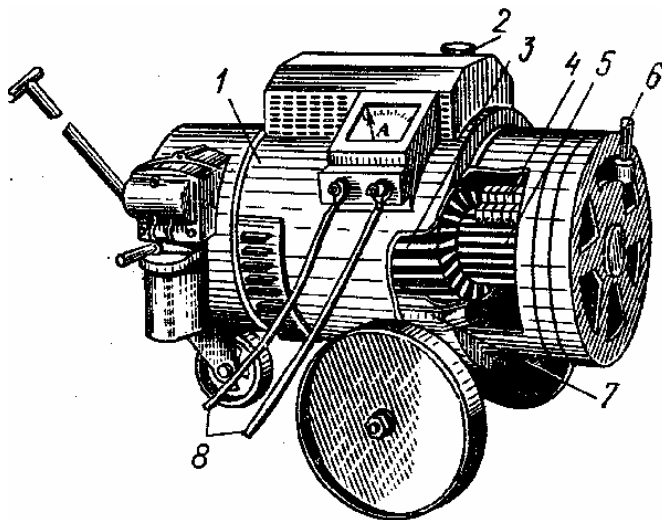


Рисунок 11 Общий вид сварочного генератора
1-корпус агрегата; 2-пусковая кнопка; 3-якорь; 4-шейки; 5-коллектор; 6-рукоятка;
7-башмак; 8-подача тока во внешнюю цепь.

При сварке переменным током в качестве сварочной машины применяют сварочный трансформатор . Для регулирования сварочного тока и улучшения устойчивости горения дуги в цепь последовательно включаю индуктивное сопротивление, называемое регулятором, активной катушкой или дросселем. Главное назначение регулятора – обеспечить получение подающей внешней характеристики сварочного аппарата и возможность регулировки силы сварочного тока.

В настоящее время выпускают сварочные аппараты переменного тока различных типов. Аппараты типа СТЭ – 34 состоят из понижающего трансформатора и отдельного регулятора тока. Первичная обмотка трансформатора включается в сеть переменного тока (220, 380 и 500В), а во вторичной обмотки индуктируется ток напряжением 55 – 60 В. Регулятор тока представляет собой катушку самоиндукции с железным сердечником, состоящим из неподвижной и подвижной частей. Обмотка включена последовательно в сварочную цепь. Между подвижными частями сердечника имеется воздушный зазор, который устанавливается вращением рукоятки регулятора.

Трансформаторы типа СТН со встроенными регуляторами состоят из общего магнитопровода с тремя обмотками : первичной, вторичной и реактивной. Взаимодействие обмоток создается магнитный поток . Магнитный поток, создаваемый реактивной обмоткой, имеет противоположные основному потоку направления, в следствии чего при сварке напряжение на дуге представляет собой разность напряжений вторичной обмотки трансформатора и реактивной катушки.

Электроды

Электроды изготавливают из стальной углеродистой, легированной, высоколегированной проволоки.

Электроды классифицируют :

I по назначению :

- 1) для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей;
- 2) легированных конструкционных и теплоустойчивых сталей;
- 3) высоколегированных сталей;

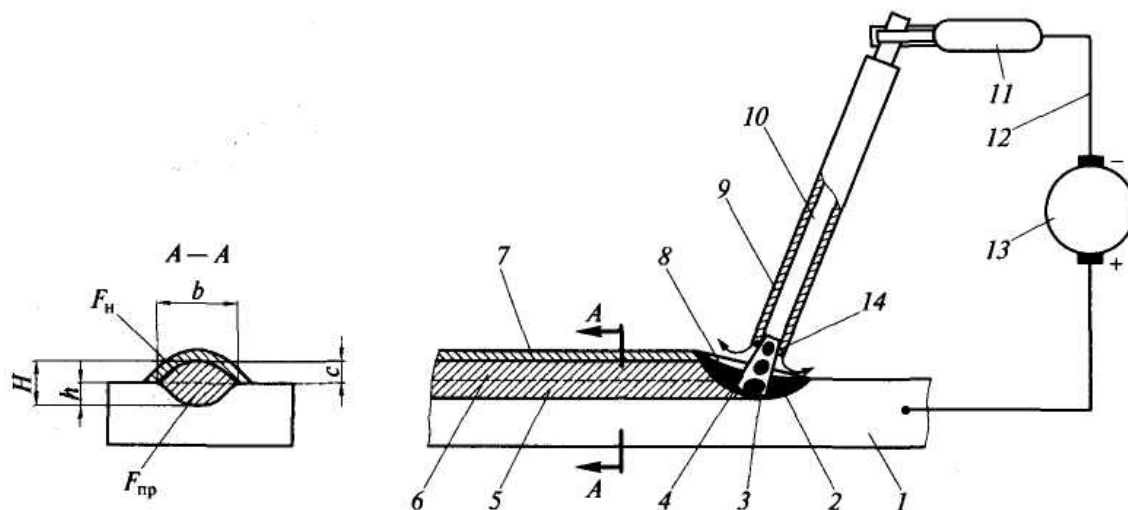
II по виду покрытия:

- 1) с основным; 2) рутиловым; 3) кислым; 4) целлюлозным и др.

III по характеру шлака:

IV по механическим свойствам металла:

Тип и диаметр электродов выбирают в зависимости от толщины и состава свариваемого металла. Для ручной дуговой сварки труб применяют электроды Э 42 и Э 42 А. Электродами $d = 3$ мм при силе тока $I = 80 \div 125$ А сваривают стыковые соединения труб с толщиной стенки до 5,5 мм.



Ручная дуговая сварка покрытым металлическим электродом:

1 — основной металл; 2 — сварочная ванна; 3 — капля; 4 — сварочная дуга; 5 — проплавленный металл; 6 — наплавленный металл; 7 — шлаковая корка; 8 — жидкий шлак; 9 — покрытие электрода; 10 — стержень электрода; 11 — электрододержатель; 12 — сварочная цепь; 13 — источник питания; 14 — парогазовая защитная атмосфера

Рисунок 10 Установка электрода при сварке

10 - электрод ; 9 - покрытие электродов; 1-свариваемая деталь.

Неплавящиеся электроды бывают угольными, графитовыми и вольфрамовыми. Угольные и графитовые электроды применяют только при

сварке на постоянном токе. Вольфрамовые электроды применяют при сварке постоянным и переменным током.

Плавающие электроды, в зависимости от назначения и химического состава свариваемого металла, могут быть изготовлены из различных материалов : стали, чугуна, меди, латуни, бронзы, алюминия и твердых сплавов. Применяют их при сварке без покрытия (обмазки) или со слоем тонкого либо толстого покрытия (обмазки). Стальные электроды изготавливают из стальной сварочной проволоки ГОСТ2246-60 диаметром от 0,3 до 12 мм.

Электроды для ручной дуговой сварки представляют металлические стержни диаметром 1,6 – 12 мм, длиной от 350 до 450 мм. Для сварки углеродистой стали электроды изготавливают из мягкой стальной проволоки, содержащей 0,08 – 0,12 % С; содержание фосфора и серы допускается в пределах до 0,04 %. При сварки легированной стали электроды изготавливают из низколегированной стальной проволоки, содержащей до 0,22 % С. При автоматических и полуавтоматических процессах сварки применяют только электродную проволоку без покрытия.

Как выбираются электроды для сварки трубопроводов.

Марку электродов для сварки стыков труб следует выбирать в зависимости от марки свариваемой стали. Область применения электродов для сварки труб приведены в таблице 2.

Каждая поступающая партия сварочных материалов должна иметь сертификат, оформленный в соответствии с ГОСТ 2246-70, 9466-75, 9467-75, выданный заводом-изготовителем, или его копию, заверенную организацией, отгрузивший сварочные материалы.

Таблица 2

Области применения электродов для сварки труб

Сталь труб(элементов)	Марка электродов
Углеродистая 10,15,20,ВСТ2кп,ВСТ2сп,ВСТ2пс, ВСТ3кп,ВСТ3Гпс,ВСТ3сп4,ВСТ3сп5, ВСТ4сп,15п,20Л,25Л	АНО-6М,ВСЦ-4,МР-3,ОЗС-6,АНО-12, АНО-13,АНО-14,АНО-24,УОНИ-13/45, УОНИ-13/55,ТМУ-21,ТМУ21У,ЦУ-5
Низколегированная 15ГС,16ГС,16ГТ,17ГС,17Г1С,17Г1СУ, 16ГН,09Г2С,15Г2С1,14ХГС,12МХ,15ХМ, 20ХМЛ,12Х2М1,12Х1МФ,12Х2МФВ	ЦУ-5,УОНИ-13/55,ТМУ-21, ТМУ-21У,ТМЛ-1,ТМЛ-1У, ЦЛ-39,ТМЛ-3
Высоколегированная 12Х11В2МФ(ЭИ756),08Х18Н12Т, 12Х18Н12Т,08Х18Н10Т,12Х18Н/ОТ	ЭА-400/10У,ЭА-400/10Т,ЦТ-26, ЭА-395/9,ЦТ-15,ЦТ-16

Как поставляют и транспортируются электроды

Плавающий электрод представляет собой стальной проволочный стержень со специальным наружным покрытием.

Размер электродов определяется размером стального стержня.

Номинальный диаметр выпускаемых электродов составляет 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 мм, а длина 150-450 мм.

Электроды по ГОСТ 9460-75 для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей поставляются длиной 350,450 мм и диаметром 3 и 4 мм.

Электроды упаковываются в водонепроницаемые коробки или бумагу, либо в пластмассовую пленку пачками массой до 3 кг при диаметре электродов до 2,5 мм, до 5 кг при диаметре электродов 3-4 мм и до 8 кг при диаметре электродов свыше 4 мм.

Электроды поставляются в ящиках массой до 30 и 50 кг, картонных или деревянных. К каждому ящику и пачке (коробке) должна быть прикреплена этикетка (ярлык) с условным обозначением электродов.

Электроды должны транспортироваться и храниться в условиях, ограждающих их от повреждения и увлажнения. Перед использованием электроды следует прокалывать в специальной печи.

Как должно быть организовано хранение и прокаливание электродов.

На каждом участке работ необходимо оборудовать в теплом помещении склад для электродов. В нем поддерживать температуру не ниже 15⁰С при относительной влажности не более 5%

Электроды должны храниться на стеллажах отдельно по маркам и партиям с соответствующими бирками. На складе должна быть печь для прокаливания электродов при температуре до 400⁰С и сушильный шкаф с температурой до 150⁰С, обеспечивающие суточную потребность участка в электродах.

Температура и время прокаливания электродов указано в таблицах 3, 4

Таблица 3

Режимы прокаливания электродов

Вид электродного покрытия	Индекс покрытия по ГОСТ 9466-75	Температура прокаливания, ⁰ С	Скорость нагрева, ⁰ С/ч не более	Время выдержки, час
Основное	Б	300-400	100	1,5-2,0
Рутиловое	Р	170-200	75	1,2-1,5
Кислое	А	150-200	75	1,0-1,2
Целлюлозное	Ц	90-100	50	1,0-1,5

Таблица 4

Режимы прокаливания электродов

Марка электродов	Режимы повторного (перед использованием) прокаливания		
	Температура, °С		Продолжительность ч (допуск + 0,5ч)
	номинальная	предельное отклонение	
ТМУ-21У, ЦУ-5, ЦУ-6, ЦУ-7, ЦУ-8, ИТС-4С, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ТМЛ-1У, ЦЛ-39, ЦЛ-20, ЦЛ-45, ТМЛ-3У ЦУ-2ХМ	380	± 20	2
МП-3, АНО-4, АНО-6М ОЗС-4, АНО-18, АНО-24	170	± 20	1
ОЗЛ-6, ЦЛ-9, ЦЛ-25/1, ЦЛ-25/2, ЗИО-8, ЭА-395/9, ЦТ-10, ЦТ-26 ЦТ-26М, ЦТ-15К, ЭА-400/10У, ЭА-400/10Т	220	± 20	1
ВСЦ-4А	100	± 10	1

После прокаливания электрода извлекаются из шкафа и укладываются в специальную тару. На таре делается надпись о дате прокаливания, после чего тара закрывается в специально отведенное место. Прокаливание электродов может быть не более трех.

Срок годности электродов при хранении указан в таблице 5

Таблица 5

Сроки хранения электродов после прокаливания

Виды электродного покрытия	Срок годности при хранении, ч		
	В герметичной таре	В сушильном шкафу при T=80-100°C	В отапливаемом помещении при T ≥ 17°C
Основное	Не ограничен	360	3
Рутиловое	Не ограничен	360	6
Кислое	Не ограничен	360	6
Целлюлозное	Не ограничен	360	6

Как проверяются технологические свойства электродов.

Технологические свойства электродов каждой партии проверяется перед их применением независимо от наличия сертификата. Проверку выполняет дипломированный сварщик. Технологические свойства электродов, предназначенных для сварки трубопроводов углеродистых и низколегированных сталей проверяют заваркой таврового соединения из двух пластин размером 180x140 мм потолочным положением или при сварке вертикального стыка труб диаметром 133-159 мм толщиной 10-18 мм из соответствующей стали.

После сварки таврового соединения необходимо производить излом и последующий осмотр сварного шва и место излома. После сварки трубных образцов шов их необходимо протачивать на токарном станке со снятием слоя толщиной 0,5 мм или просвечивать гамма – или рентгеновскими лучами для определения плотности наплавленного металла в специальных лабораториях.

Технологические свойства электродов должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9466-75.

Основные из этих требований следующие :

- дуга легко зажигается и стабильно горит;
- покрытие плавится равномерно, без чрезмерного разбрызгивания, отваливания кусков и образования козырька, препятствующих нормальному плавлению электрода во всех пространственных положениях;
- образующийся при сварке шлак обеспечивает правильное формирование шва и легко удаляется после охлаждения;
- в металле шва и направленном металле нет трещин, а количество включений не превышает норм.

При неудовлетворительных технологических свойствах электроды необходимо повторно прокалить в печи по одному из режимов.

Если после повторного прокаливания технологические свойства электродов не удовлетворяют приведенным выше требованиям, то данную партию электродов для сварки трубопроводов и труб поверхностей нагрева не применять.