



СВАРКА И РЕЗКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Лабораторный практикум

Воронеж 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А.С. Орлов, А.Ф. Николаев,
В.В. Григораш, А.С. Померанцев**

СВАРКА И РЕЗКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Лабораторный практикум

Воронеж 2018

УДК 621.791
ББК 34.64

0-752 Основные способы сварки и резки металлов [Текст]: лаб. практикум / А.С. Орлов, А.Ф. Николаев, В.В. Григораш, А.С. Померанцев, Воронеж. гос. технич. ун-т.- Воронеж, 2018.- с.

Рассмотрены основные способы сварки и резки металлов с учетом особенностей их применения, достоинств и недостатков. Описаны дефекты сварных швов и причины их возникновения. Изложена методика подготовки и выполнения лабораторных работ. Даны указания по оформлению работ, форме представления полученных данных и сдаче отчетов по выполненным работам. Дан список рекомендуемой учебно-методической и нормативно-технической литературы.

Предназначены для обучающихся по направлению «строительство» очной и заочной формы обучения.

Ил. . Табл. . Библиогр.: назв.

Рецензенты: С.В.Лебедев, д.т.н., проф. Кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств» Липецкого государственного технического университета;
М.П.Смирнов, директор ВРО ООО «РОИС»

© А.С. Орлов, А.Ф. Николаев,
В.В. Григораш, А.С. Померанцев,
2018
© ВГТУ, 2018

Введение

Сварка и резка широко используются в строительстве при изготовлении и монтаже металлических и железобетонных конструкций, трубопроводов и технологического оборудования. Настоящий лабораторный практикум посвящен изучению основных методов сварки и резки, получивших наибольшее распространение в практике строительства*.

Цель лабораторного практикума – дать знания о физических основах сварки, механических и технологических свойствах сварных соединений.

Задачи лабораторного практикума – формирование у будущих инженеров системы знаний об особенностях и сущности современных способов сварки и резки, а также возможностях каждого из этих способов обеспечить заданную производительность и качество выполняемых работ.

Студенты должны знать:

- сущность каждого способа сварки или резки, его технические и технологические особенности;
- перечень регулируемых технологических параметров (режимов) сварки или резки и принципы их регулирования;
- состав сварочного оборудования;
- состав оборудования для выполнения резки;
- сварочные материалы, их назначение и функции;
- материалы, расходуемые в процессе резки, их назначение и функции;
- область применения рассмотренных способов сварки и резки, их достоинства и недостатки;
- структуру и свойства сварных соединений;
- дефекты сварных швов, причины их появления и способы их устранения.

Студенты должны уметь:

- правильно выбирать способ сварки или резки;
- определять оптимальные параметры режима сварки или резки, одновременно обеспечивающие максимальную производительность процесса и соответствие требованиям качества;
- рассчитывать технико-экономические показатели процесса сварки или резки.

В лабораторном практикуме к каждой работе приводится информация о структуре и содержании отчета, а также перечень вопросов для самопроверки. Защита отчета проводится в виде собеседования с преподавателем.

Используемые в лабораторном практикуме рисунки изготовлены авторами, также авторами подготовлены данные, представленные в таблицах.

* Подготовлен в соответствии с ФГОС 08.03.01 «Строительство» и ФГОС 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»

Лабораторная работа №1

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА (РДС)

1.1. Цель работы

Ознакомление с сущностью и технологическими особенностями процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами и оборудованием для ее осуществления; определение технико-экономических показателей ручной дуговой сварки.

1.2. Теоретические сведения

Схема и общий вид процесса ручной дуговой сварки представлены на рис. 1.1 и 1.2 соответственно. Под действием тепла дуги происходит плавление электродного стержня и основного металла свариваемых деталей. По мере плавления кромок свариваемых деталей необходимо осуществлять перемещение электрода вдоль оси шва, а по мере плавления электрода его перемещение перпендикулярно оси шва. Оба эти перемещения осуществляются сварщиком вручную, отсюда и название способа – ручная дуговая сварка (РДС). Расплавленный металл изделия и капли жидкого металла, образующиеся при плавлении стержня, сливаются в общую сварочную ванну. Вместе со стержнем плавится и покрытие электрода, образуя защитную газовую атмосферу вокруг дуги и жидкий шлак на поверхности расплавленного металла. При перемещении дуги вдоль свариваемых кромок происходит кристаллизация жидкого металла сварочной ванны и формирование сварного шва. Жидкий шлак, затвердевая, образует на поверхности шва защитную шлаковую корку.

Электрическая дуга является мощным разрядом электричества в атмосфере ионизированных газов, образующихся при испарении покрытий электродов и флюсов. Процесс зажигания дуги при сварке можно разделить на этапы: короткое замыкание электрода на деталь с целью разогрева торца электрода и участка детали, отвод электрода на расстояние 3-6 мм от детали для создания эмиссии электронов со стороны разогретого катода. Эти электроны при столкновении с нейтральными атомами и молекулами выбивают с их внешних орбит электроны, образуя положительно заряженные ионы. Таким образом, происходит возникновение дугового разряда, т.е. устойчивой электрической дуги между деталью и электродом. Температура столба дуги у катодного и анодного пятен достигает 2500 и 2700 °С соответственно, а максимальная температура столба дуги может достигать 7000 °С.

Покрытые электроды, используемые при ручной дуговой сварке, представляют собой металлический стержень, покрытый обмазкой (рис. 1.1, 1.3). Электроды изготавливаются обычно диаметром от 2 до 6 мм (диаметром электрода считается диаметр металлического стержня).

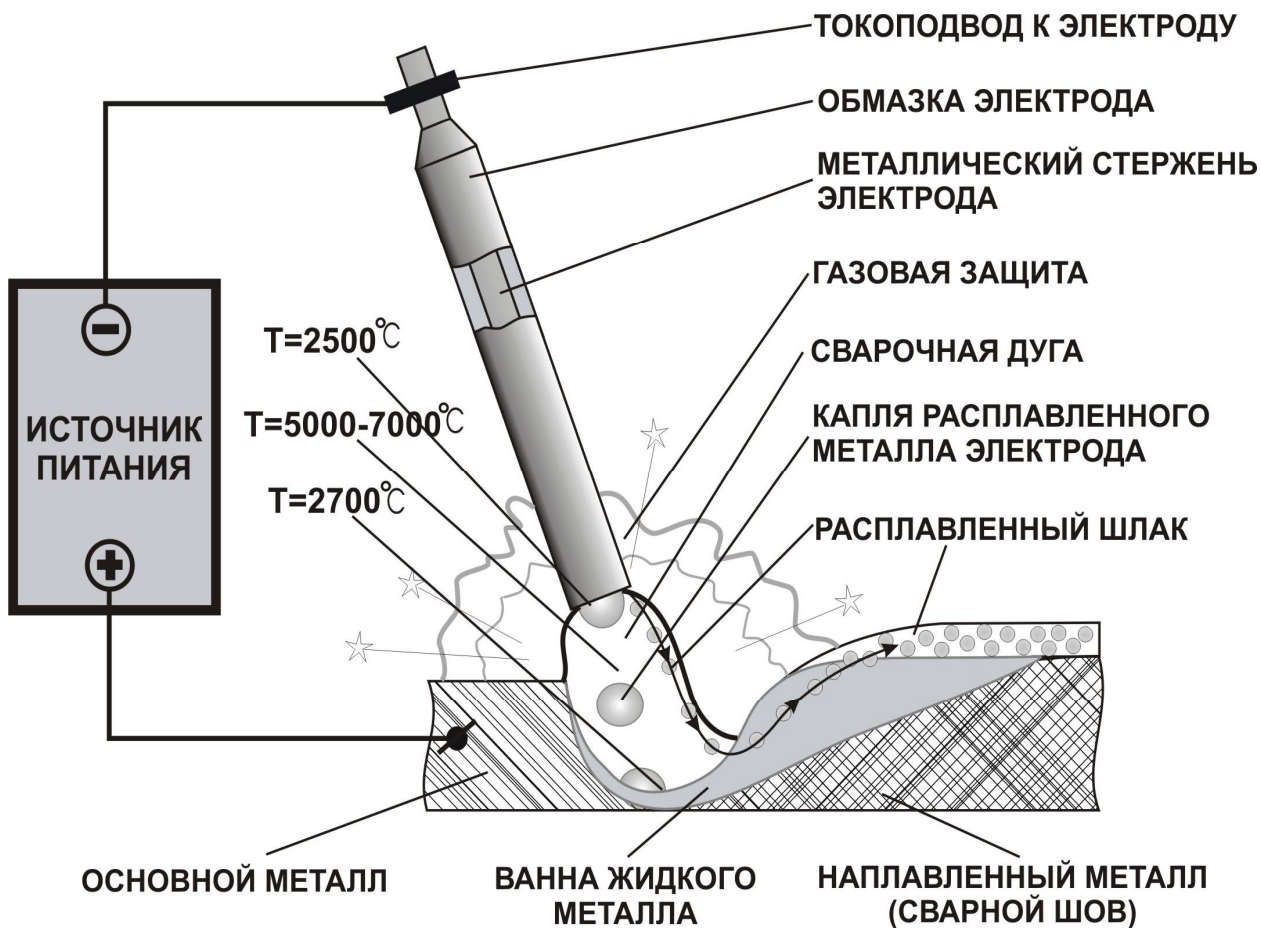


Рис 1.1. Схема процесса ручной дуговой сварки



Рис. 1.2. Общий вид процесса ручной дуговой сварки

Толщина покрытия составляет $0,5 \div 2$ мм на сторону. Покрытия электродов выполняют функцию по стабилизации горения дуги, защите расплавленного металла от взаимодействия с кислородом и азотом воздушной атмосферы и металлургической обработке жидкого металла сварочной ванны. Для обеспечения этих функций в состав покрытия входят следующие **компоненты: стабилизирующие, газообразующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие, связующие и наполнители.**



Рис. 1.3. Штучные электроды для РДС

Стабилизирующие вещества (соединения калия и натрия) облегчают ионизацию в дуге и увеличивают устойчивость её горения. Газообразующие вещества (карбонаты CaCO_3 , MgCO_3 , целлюлоза) при нагреве разлагаются и образуют газовую атмосферу, что препятствует проникновению кислорода и азота воздуха в дугу и сварочную ванну. Шлакообразующие составляющие (полевой шпат, марганцевая руда и др.) при расплавлении образуют жидкий шлак на поверхности расплавленного металла. Шлак защищает расплавленный металл ванны и капле присадочной проволоки, а также является средой, через которую проводится раскисление и легирование металла шва. Раскисляющие составляющие (ферросилиций FeSi , ферромарганец FeMn), из за большего сродства к кислороду, чем у железа, обеспечивают восстановление окислов железа, находящихся в сварочной ванне. Легирующие составляющие (феррохром, ферромolibден и др.) служат для получения требуемого химического состава и механических свойств металла шва. Связующие вещества (жидкое натриевое стекло) связывают порошкообразные составляющие покрытия, соединяют его с металлическим стержнем. Наполнители (преимущественно металлические порошки) обеспечивают повышение производительности плавления электродов. Пластификаторы обеспечивают эластичность обмазки.

Основным параметром режима ручной дуговой сварки является величина сварочного тока. Она выбирается в зависимости от диаметра электрода и типа металла электродного стержня по формуле

$$I = kd \text{ (А)}, \quad (1)$$

где d – диаметр электрода, мм, k – коэффициент, равный $40 \div 80$ А/мм для малоуглеродистых сталей и $30 \div 40$ А/мм для высоколегированных сталей.

Диаметр электрода выбирается в соответствии с толщиной свариваемого металла. Примерные соотношения приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Соотношения между диаметром электрода и толщиной свариваемого металла

Толщина металла, мм	2	3 - 5	5 - 10	20-40
Диаметр электрода, мм	3	4	5	6

При толщине металла свыше 5÷6 мм производится разделка кромок. Ручная дуговая сварка широко применяется при производстве металлоконструкций из самых различных металлов и сплавов толщиной от 2 до 30 мм.

Особенно ручная сварка удобна и выгодна при выполнении коротких швов и швов произвольной формы в любых пространственных положениях, а также при наложении швов в труднодоступных местах. Ручная сварка обеспечивает хорошее качество сварных швов, но обладает невысокой производительностью. Производительность процесса сварки в основном определяется величиной сварочного тока. Однако при ручной сварке покрытыми электродами ток ограничен, т.к. вылет электрода (расстояние от токоподвода до торца электрода) достаточно велик, как и велико время, в течение которого электрод находится под действием сварочного тока. Поэтому повышение тока сверх рекомендованной величины приводит к разогреву стержня электрода, отслаиванию покрытия, сильному разбрызгиванию и угару расплавленного металла сварочной ванны. Данный фактор существенно сдерживает производительность процесса ручной дуговой сварки по сравнению с автоматизированными способами. Поэтому вопрос повышения и прогнозирования производительности РДС стоит на первом месте в ряду производственных вопросов. Особенно это касается производств, где процесс сварки занимает существенную часть нормы времени в объеме изготовления строительных металлических конструкций.

Производительность дуговой сварки, в основном, может быть оценена по величине коэффициентов расплавления и наплавки, потерь на угар и разбрызгиванию и удельного расхода электроэнергии.

Коэффициент расплавления α_p - это масса электродного металла в граммах, расплавленного за 1 час горения дуги, отнесенная к 1А сварочного тока. Он может быть определен экспериментально с помощью выражения

$$\alpha_p = \frac{Q_p \cdot 3600}{I_{св} \cdot t} \quad (\text{г/А ч}), \quad (2)$$

где Q_p – масса расплавленной части электродного стержня, г.; $I_{св}$ – сварочный ток, А; t – время горения дуги, с.

Коэффициент наплавки α_n - это масса металла, наплавленная за 1 час горения дуги, отнесенная к 1А сварочного тока. Он может быть определен экспериментально по формуле

$$\alpha_n = \frac{Q_n \cdot 3600}{I_{св} \cdot t} \quad (\text{г/А ч}), \quad (3)$$

где Q_n – масса наплавленного электродного металла, г.

Часть наплавленного электродного металла, потерянная в результате разбрызгивания, учитывается с помощью коэффициента потери

$$\varphi = \frac{Q_p - Q_n}{Q_n} \cdot 100\% . \quad (4)$$

Расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла может быть оценен по выражению

$$Q_{эл} = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta \cdot K_u} \quad (\text{КВт ч/кг}), \quad (5)$$

где U_d – напряжение дуги, В; η – к.п.д. установки, принимается для однопостового преобразователя (выпрямителя) 0,45-0,50, для однопостового трансформатора 0,85-0,88; K_u – коэффициент, учитывающий время горения дуги (время работы сварочного оборудования в общем времени сварки).

Для ручной дуговой сварки в условиях мелкосерийного производства $K_u = 0,60-0,75$.

1.3. Оборудование, приборы и материалы

Пост для ручной электродуговой сварки (стол, вытяжка, источник питания, токопроводящие провода, электрододержатель, щиток, молоток, зубило, металлическая щетка).

Контрольно-измерительные приборы (амперметр, вольтметр, секундомер, весы с разновесами, линейка измерительная 0-500 мм с ценой деления 1 мм), пластины для наплавки, электроды с различными типами обмазки.

1.4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием и устройством поста для ручной дуговой сварки.
2. Выбрать силу сварочного тока для диаметра электрода, марки и толщины пластины.
3. Взвесить пластины.
4. Снять с одного электрода покрытие, взвесить пруток электродной проволоки (возможно определение веса расчетным путем).
5. Составить схему включения электроприборов сварочного поста.
6. Произвести наплавку на пластину электродом данной марки. При наплавке измерить секундомером машинное время наплавки, напряжение и сварочный ток вольтметром и амперметром.
7. Очистить металлической щеткой наплавленный валик от шлака и брызг металла до блеска.
8. Взвесить пластину и остаток электрода без обмазки.

9. Результат взвешивания записать в табл. 1.2.

10. Рассчитать величины α_p , α_n , φ , $Q_{эл}$ и записать результаты в табл. 1.2

Таблица 1.2

Параметры и технико-экономические показатели процесса сварки

Марка электрода и стали	Вес пластины, г		Q_n , г	Вес стержня электрода, г		Q_p , г	t, с	Напряжение дуги U_0 , В	Ток I, А	Технико-экономические показатели				
	до сварки	после сварки		до сварки	после сварки					α_p , г/(А·ч)	α_n , г/(А·ч)	φ , %	$Q_{эл}$, кВт·ч/кг	

1.5. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Краткое теоретическое описание РДС, схема сварочного поста.
3. Результаты измерений, методику определения и анализ технико-экономических показателей процесса при разных условиях сварки.
4. Выводы и объяснение полученных результатов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое электрическая дуга?
2. Способы зажигания электрической дуги.
3. Строение электродов с покрытиями. Назначение покрытий.
4. Какие элементы и соединения, входящие в состав покрытия, обеспечивают защиту металла шва от окружающего воздуха?
5. Какие элементы и соединения, входящие в состав покрытия, обеспечивают металлургическую обработку металла шва?
6. Как определяется величина сварочного тока и диаметр электрода, необходимый для выполнения сварного соединения?
7. Преимущества и недостатки метода ручной электродуговой сварки.
8. Что такое коэффициент наплавки? Расскажите методике его определения.
9. Что такое коэффициент расплавления? Расскажите о методике его определения.
10. Как определить коэффициент потери на угар и разбрызгивание?

Лабораторная работа №2
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ

2.1. Цель работы

Ознакомление с физическими основами автоматической сварки под флюсом и оборудованием для ее осуществления; получение представления об основных параметрах режима автоматической сварки под флюсом и принципах их подбора, достоинства и недостатки процесса и области его рационального применения; приобретение начальных навыков работы на сварочном тракторе; сварка серии образцов из стали, оценка качества сварных соединений и производительности наплавки, сравнение последней с производительностью наплавки при ручной дуговой сварке.

2.1. Теоретические сведения

Схема процесса автоматической сварки под флюсом показана на рис. 2.1. Зона сварки со всех сторон закрыта слоем флюса толщиной 30-50 мм. Под действием тепла дуги происходит плавление электродной проволоки, кромок свариваемых заготовок и флюса. При этом образуется ванна жидкого металла и жидкий шлак. Электрическая дуга горит между электродной проволокой и свариваемым металлом в газовой полости, ограниченной с одной стороны жидкой оболочкой расплавленного шлака, а с другой поверхностью расплава сварочной ванны. Это обеспечивает надежную защиту электрической дуги и сварочной ванны от воздействия кислорода и азота воздуха. Взаимодействие жидкого металла с расплавленным шлаком обеспечивает металлургическую обработку сварочной ванны (раскисление, легирование, рафинирование). По мере поступательного движения дуги в направлении сварки происходит затвердевание металлических и шлаковой ванн с образованием сварного шва, покрытого шлаковой коркой. Подача электродной проволоки в дугу и перемещение ее вдоль оси шва осуществляется механизмами подачи и перемещения. Ток к электроду поступает через токоподвод.

Дуговая сварка под флюсом производится автоматическими сварочными головками или самоходными тракторами, перемещающимися непосредственно по изделию или специальным направляющим. Основное назначение сварочных автоматов – подача электродной проволоки в дугу и поддержание постоянного режима сварки в течение всего процесса.

Наиболее распространенный для сварки под флюсом трактор ТС-17М (рис. 2.2, 2.3) имеет один электродвигатель трехфазного тока, который приводит в движение механизм подачи электродной проволоки и механизм передвижения трактора вдоль свариваемого шва. Подающий механизм состоит из понижающего редуктора и двух роликов (ведущего и прижимного), между которыми проталкивается электродная проволока.

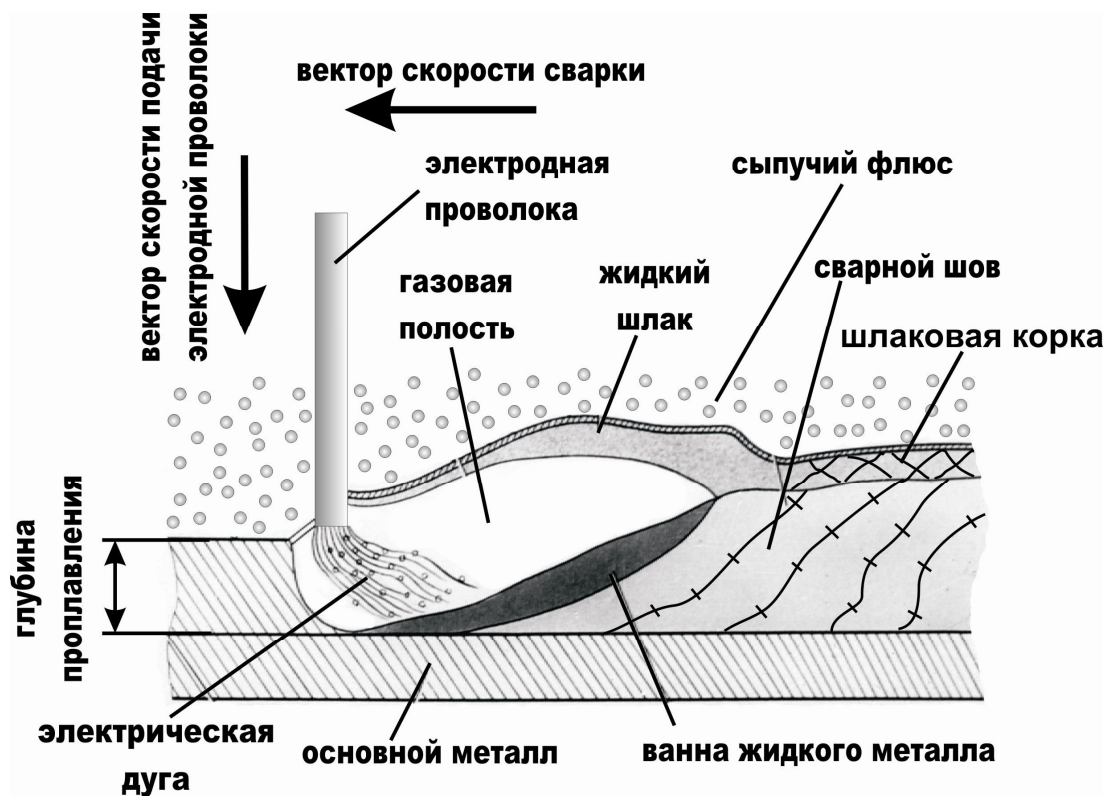


Рис.2.1. Схема процесса автоматической сварки под флюсом

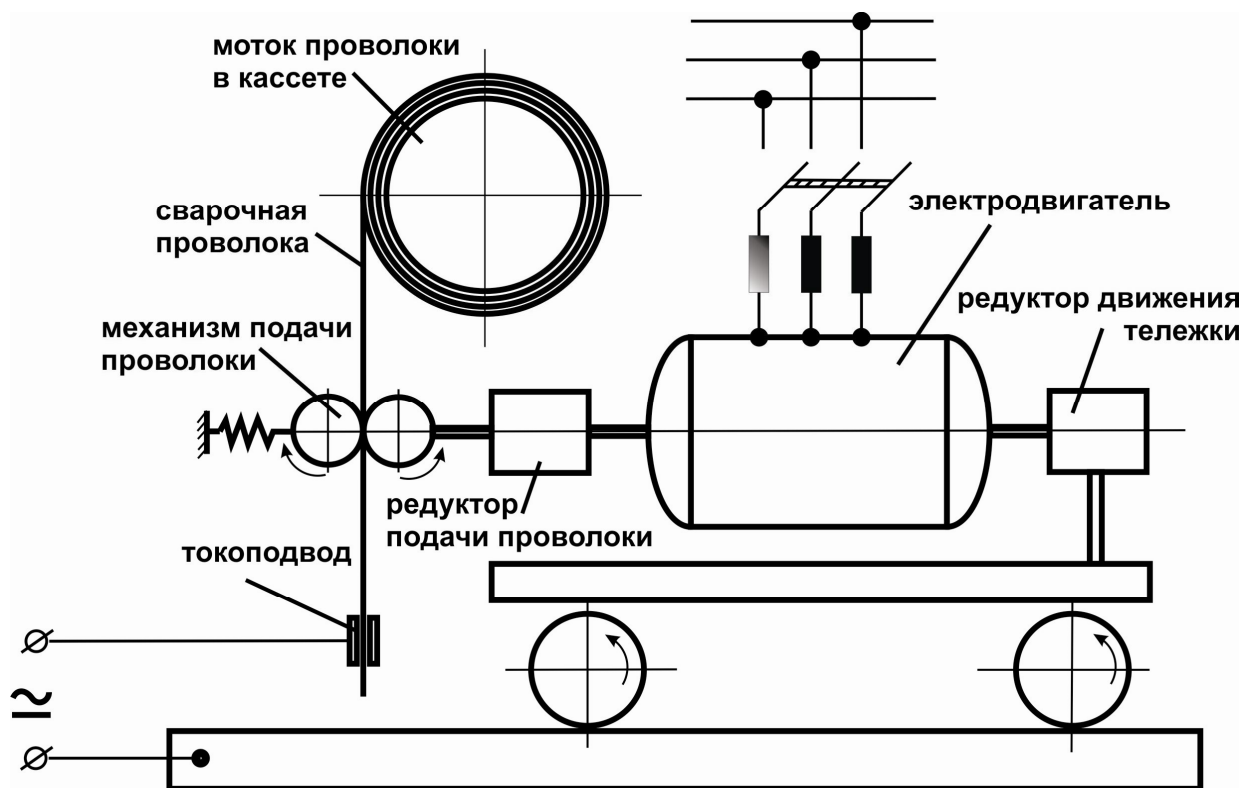


Рис.2.2. Кинематическая схема автомата для сварки под флюсом

Механизм передвижения трактора состоит из редуктора и двух ведущих бегунов, вал которых соединен с редуктором фрикционной муфтой. Наличие сменных шестеренок позволяет в широких пределах изменять скорость подачи электродной проволоки и скорость передвижения трактора в соответствии с режимом сварки.

Сварочный трактор снабжен двумя бункерами для флюса: один для сварки вертикальным электродом, а второй - при сварке наклонным электродом. Толщина насыпного слоя флюса устанавливается вертикальным перемещением патрубка бункера.

Если сваривают стыковой шов без разделки кромок, то трактор направляют вручную. Если сваривают шов с разделкой кромок, то на одну из штанг подвески устанавливают копир, состоящий из двух последовательно расположенных роликов, которые при сварке катятся по разделке кромок и тем самым направляют трактор вдоль свариваемого шва. При сварке угловых швов «в лодочку» копирующим элементом служит ролик, закрепленный на штанге и катящийся по углу свариваемого шва. Трактор имеет трехкнопочный пульт управления.

Так как электрическая дуга при сварке под флюсом имеет пологопадающую или жесткую вольтамперную характеристику, то устойчивое горение дуги обеспечивается при условии применения сварочных источников питания с падающими внешними вольтамперными характеристиками.

Основными параметрами режима процесса автоматической сварки под флюсом, определяющими тепловыделение и, следовательно, геометрические характеристики сварного шва (глубина проплавления, ширина, высота шва, катет угловых швов) являются: сварочный ток $I_{св}$ (А) или пропорциональный току параметр – скорость подачи проволоки V_n (м/ч), напряжение в дуге U_d (В), скорость сварки $V_{св}$ (м/ч), диаметр электродной проволоки $D_э$ (мм).

Производительность расплавления электродного металла (производительность наплавки) при автоматической сварке под флюсом может быть оценена по следующей формуле:

$$P_p = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{1000} \text{ (кг/ч)}, \quad (6)$$

где P_p – производительность наплавки, кг/ч; α_p – коэффициент расплавления, который при автоматической сварки под флюсом в зависимости от режима сварки можно определить по номограмме, приведенной на рис. 2.4; $I_{св}$ – величина сварочного тока, А.

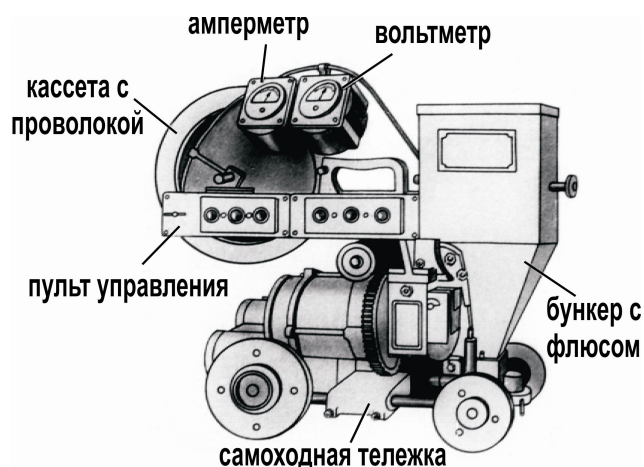


Рис. 2.3. Общий вид трактора ТС-17М

Основные преимущества автоматической сварки под флюсом по сравнению с ручной дуговой сваркой заключаются в повышении производительности процесса сварки, повышении качества сварных соединений и уменьшении себестоимости 1 м сварного шва.

Малый вылет электрода (расстояние от конца электродной проволоки до токопроводящего мундштука), отсутствие покрытия, большая скорость подачи электродной проволоки позволяют значительно увеличить силу сварочного тока – до $50 \div 150 \text{ А/мм}^2$, т.е. примерно в $6 \div 8$ раз по сравнению с ручной сваркой электродами тех же диаметров. Коэффициент наплавки составляет $14 \div 18 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$, или в $1,5 \div 2$ раза выше, чем при сварке электродами вручную. В результате этого производительность автоматической сварки под флюсом получается в 6-10 раз выше ручной.

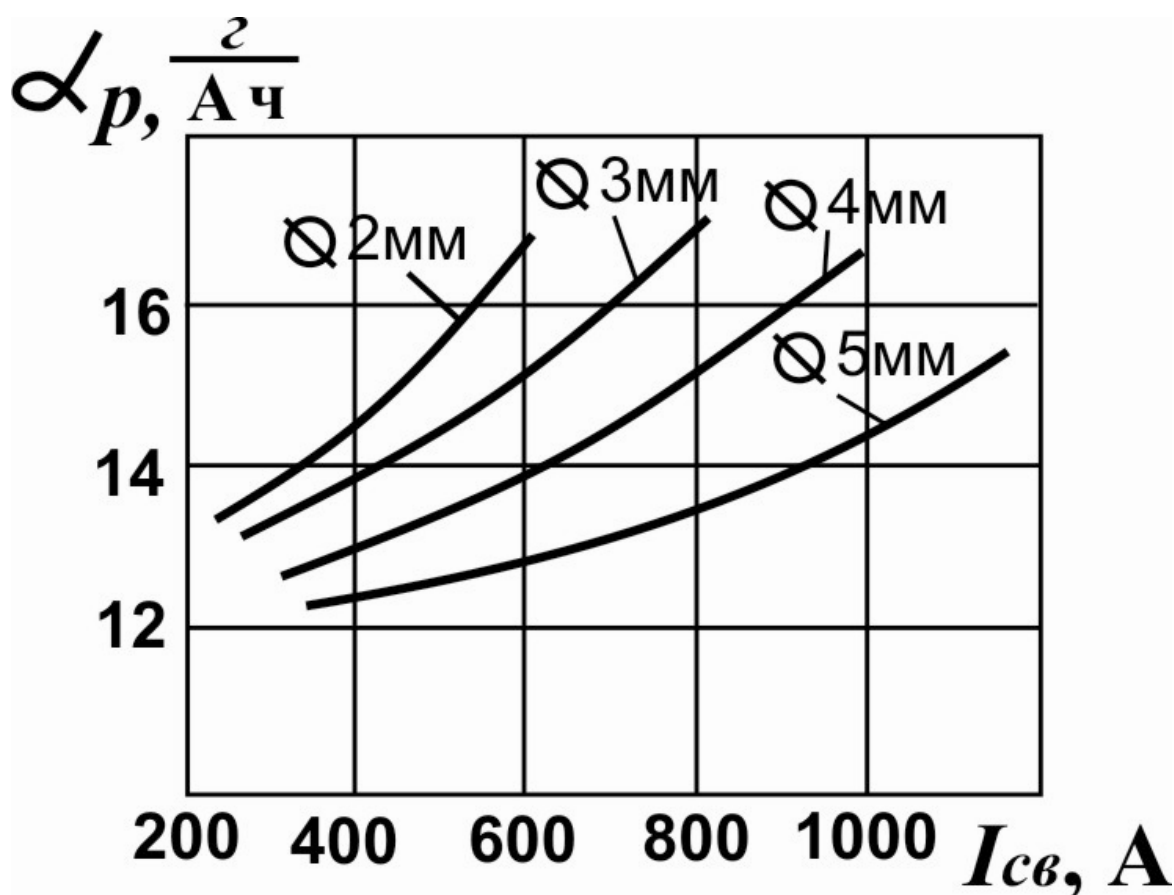


Рис. 2.4. Зависимость коэффициента наплавки от режима сварки

Плотная газошлаковая защита сварочной ванны предотвращает разбрызгивание и угар расплавленного металла. Увеличение тока сопровождается увеличением давления в дуге, что увеличивает глубину проплавления. Это позволяет сваривать металл большой толщины (до 20 мм) за один проход без разделки кромок.

Снижение себестоимости выполнения 1 пог. м шва обусловлено экономией электроэнергии вследствие более полного использования тепла дуги на плавление металл и снижение потери на угар и разбрызгивание.

Повышение качества сварных швов достигается путем:

- 1) повышения механических свойств наплавленного металла, благодаря надежной защите сварочной ванны флюсом, интенсивной металлургической обработке жидкого металла расплавленным шлаком (раскисление, легирование и рафинирование), сравнительно замедленному охлаждению металла шва под флюсом и твердой шлаковой коркой;
- 2) улучшения формы и поверхности шва и обеспечения постоянства его размеров по всей длине вследствие механизированной подачи и перемещения проволоки.

Автоматическая сварка под флюсом имеет некоторые недостатки и ограничения по применению:

- использование порошкового флюса подразумевает выполнение швов на горизонтальной поверхности либо принятие соответствующих мер для удержания флюса;
- так как при работе не видно место сварки, то требуется повышенная точность подготовки и сборки деталей перед сваркой, что в значительной степени затрудняет процесс при сложной конфигурации шва;
- снижение эффективности процесса при сварке швов малой длины.





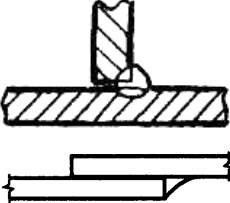
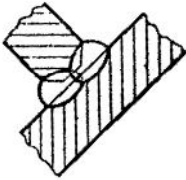
Выбор параметров режима сварки под флюсом определяется геометрическими размерами соединяемых деталей, типом шва, характером и размером элементов разделки кромок и осуществляется расчетом или с помощью справочных данных. Некоторые режимы сварки для наиболее распространенных конструкционных сталей приведены в табл. 2.1.

В зависимости от способа изготовления применяемые при сварке флюсы делятся на плавные и керамические. Плавные флюсы изготавливают путем сплавления марганцевой руды, кремнезема, полевого шпата и др. компонентов и последующего дробления (грануляции). Керамические флюсы приготавливают из порошкообразных компонентов путем их замеса на жидком стекле, гранулирования и последующего прокаливания или путем их спекания.

Химический состав металла шва зависит от химической активности флюса и от состава электродной проволоки. Поэтому для сварки конкретной стали флюс выбирают одновременно с проволокой. При этом стремятся, чтобы металл шва при сварке углеродистых и низколегированных сталей содержал 0,2-0,4 % кремния и марганца. Например, для сварки углеродистых сталей используют проволоку Св-08, Св-08А и высокомарганцевистый, высококремнистый флюс АН-348А и АН-60 по ГОСТ 9087-81. Для сварки низкоуглеродистой стали – флюсы АН-348А и низкокремнистые окислительные флюсы марок АН-43, АН-47, АН-17М.

Таблица 2.1

**Ориентировочные режимы автоматической сварки под флюсом
углеродистых и низколегированных сталей**

Эскиз сварного соединения и выполненного шва	Толщина проката или катет шва, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Режимы сварки			
			Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Количество слоев
	4-6	2	28-30	380-420	55-60	1
	6-8	3	28-30	400-450	50-55	1
	10-12	4	30-32	600-650	29-32	1
	14-16	4	32-34	700-750	28-30	1
	14-16	4	32-34	700-750	30	2
	18	4	34-36	750-800	27	2
	20	4	34-36	850-900	25	2
	24-28	5	36-38	900-950	20	2
	16-18	5	34-36	750-800	20-22	1
	20-22	5	36-38	850-900	18-20	2
	24-26	4	37-39	880-930	18-20	2
	28-30	4	38-40	900-950	18-23	4
	4	2	29-32	280-300	40-42	1
	6	2	30-33	360-380	38-40	1
	8	2	35-38	440-460	38-40	1
	10	2	30-32	300-350	16-18	2
	12	2	30-32	300-350	12-14	2
	14	2	30-32	300-350	10-12	2-3
	16	2	32-34	350-400	16-18	3
	18	2	32-34	350-400	16-18	3-4
	6	2-3	34-36	450-500	25-30	2
	8	3-4	34-36	550-600	25-30	2
	10	4-5	34-36	620-670	20-25	4
	12	4-5	36-38	650-700	16-20	4
	14	5	38-40	750-800	14-18	4-6

Автоматическая сварка под флюсом применяется в основном в серийном и массовом производстве для выполнения протяженных (преимущественно более 0,5÷1 м) прямолинейных и кольцевых швов на металле толщиной от 3 до 100 мм. Под флюсом сваривают углеродистые и легированные стали, медные, алюминиевые и титановые сплавы.

Автоматическая сварка широко применяется в строительстве, котлостроении, судостроении, производстве сварных труб, мостов, в машиностроении. Она является одним из основных звеньев в поточных линиях по изготовлению металлоконструкций промышленных зданий и листовых конструкций.

2.3. Оборудование, приборы и сварочные материалы

Сварочный трактор ТС-17 (АДФ-1002), сварочный выпрямитель ВДМ-1202С, амперметр, вольтметр, образцы листовой стали марки 10ХСНД, сварочная проволока Св-08, флюсы АН-348А.

2.4. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию сварочного трактора ТС-17М (АДФ-1002) с помощью макета и технической документации.
2. Установить сварочный трактор на сварочном столе в направлении сварки (наплавки) листов из стали 10ХСНД.
3. С помощью учебного мастера заправить электродную проволоку в токопроводящий мундштук и с помощью подающего механизма обеспечить соприкосновение торца проволоки со свариваемыми листами.
4. Назначить (см. табл. 2.1.) основные параметры режима сварки, исходя из материала листов и их толщины.
5. В соответствии с выбранным режимом сварки установить необходимые сменные шестеренки в редукторе механизма подачи проволоки и передвижения тележки трактора.
6. При участии учебного мастера включить в сеть блок управления автоматом и запустить автомат в работу.
7. Зафиксировать параметры режима сварки с помощью контрольно-измерительных приборов.
8. Проварить сварной шов длиной 30-40 см и выключить автомат.
9. Удалить с поверхности металла шлаковую корку.
10. Рассчитать производительность наплавки P_p по выражению (6)
11. Данные расчета занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Параметры режима сварки и производительность наплавки

номер образца	Марка стали	Форма подготовки кромок	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	V_n , м/ч	$V_{св}$, м/ч	P_p , кг/ч

2.5. Содержание отчета

1. Название, цель работы.
2. Краткое теоретическое описание автоматической сварки под флюсом, схема процесса (рис. 2.1.).
4. Методика определения и анализ технико-экономических показателей процесса.
5. Результаты измерений параметров режима сварки и расчета производительности (табл. 2.2.).
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность дуговой сварки под флюсом?
2. Какими преимуществами обладает сварка под флюсом по сравнению со сваркой открытой дугой?
3. Что называют сварочным автоматом?
4. Для чего служит флюс?
5. Параметры режима дуговой сварки под флюсом.
6. Каковы рациональные области применения и преимущества автоматической сварки под флюсом в сравнении с ручной?
7. Как выбрать сварочный флюс и электродную проволоку для получения металла шва нужного состава?
8. Из каких основных узлов состоит сварочный трактор ТС-17М?
9. Как рассчитывается производительность наплавки при автоматической сварке под флюсом?

Лабораторная работа № 3
МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА

3.1. Цель работы

Ознакомление с физическими основами, разновидностями методов и оборудованием для механизированной сварки; ознакомление с принципами выбора параметров режима механизированной сварки в углекислом газе; получение предварительных навыков работы на полуавтомате для сварки в углекислом газе; определение производительности механизированной сварки и сравнение ее с производительностью процесса ручной и автоматической сварки.

3.2. Теоретические сведения

Дуговая сварка плавящимся металлическим электродом (проволокой) в среде инертного или активного газа с непрерывной автоматической подачей электродной проволокой широко применяется в промышленности. Зона сварки защищается извне подаваемым газом. Единственное ручное управление, требуемое от сварщика при механизированной сварке, - позиционирование и перемещение с определенной скоростью сварочной горелки вдоль оси шва. Перемещение электрода по мере его плавления перпендикулярно оси шва осуществляется механизмом подачи сварочной проволоки.

Основные элементы полуавтоматов (рис. 3.1): источник питания дуги, совмещенный с блоками пускорегулирующей аппаратуры и управляющего устройства, кассета с присадочной проволокой, механизм подачи присадочной проволоки, баллон с защитным газом, понижающий редуктор давления защитного газа, гибкие шланги с токоподводящими проводами и каналами для подачи присадочной проволоки и защитного газа к держателю. Конструктивные особенности как самих полуавтоматов, так и их отдельных элементов зависят от специализации полуавтомата.

Наиболее ответственный элемент полуавтоматов – механизм подачи проволоки. Он обычно состоит из электродвигателя, редуктора и подающих роликов. Конструктивное оформление механизма подачи зависит от назначения полуавтомата. В полуавтоматах тяжелого типа механизм подачи размещен на передвижной тележке и сосредоточен в массивном корпусе. В полуавтоматах легкого типа механизм подачи установлен в переносном футляре (ранце) или расположен непосредственно на корпусе держателя.

В зависимости от характера защиты расплавленного металла и типа электродной проволоки применяются следующие разновидности механизированной сварки: под флюсом, в защитных газах и порошковой проволокой. Сущность процесса механизированной сварки под флюсом и принципы выбора параметров режима аналогичны изученным в лабораторной работе № 2.

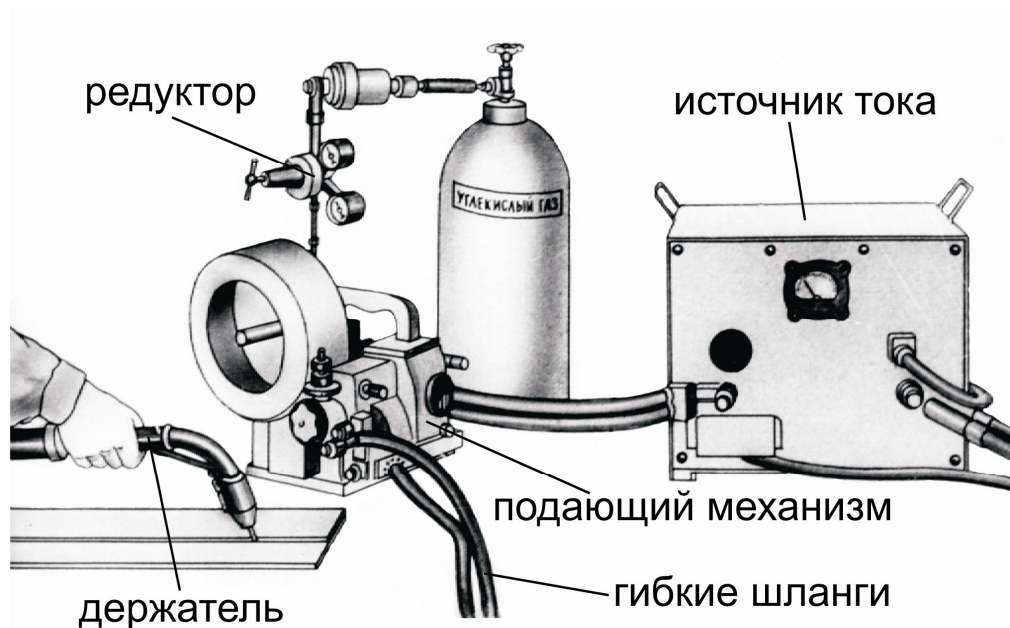


Рис.3.1. Общий вид установки для механизированной сварки в защитных газах

3.2.1. Механизированная сварка в защитных газах

При дуговой сварке в защитных газах источником нагрева и плавления металла является электрическая дуга, возбуждаемая между электродом и свариваемым изделием, а защита расплавленного металла от воздействия воздушной атмосферы обеспечивается вдуванием в зону сварки защитного газа (рис. 3.2)..

Для защиты применяют три группы газов: инертные (аргон, гелий), активные (углекислый газ, азот, водород и др.), смеси газов инертных, активных или первой и второй группы. Выбор защитного газа определяется химическим составом свариваемого металла, требованиями, предъявляемыми к свойствам сварного соединения. Наиболее распространены разновидности сварки в углекислом газе и аргоне.

Сварку в углекислом газе плавящимся электродом выполняют на постоянном токе обратной полярности. При применении CO_2 в качестве защитного газа необходимо учитывать металлургические особенности процесса, связанные с окислительным действием CO_2 . При высоких температурах, характерных для процесса дуговой сварки, идет диссоциация углекислого газа на закись углерода CO и атомарный кислород O , который, если не принять специальных мер, приводит к окислению свариваемого металла и легирующих элементов. В соответствии с ГОСТ 8050-76 для механизированной сварки применяют углекислоту сварочную с объемным содержанием чистого газа не менее 99,5%.

Окислительное действие атомарного кислорода нейтрализуется введением в сварочную проволоку дополнительного количества раскислителей: крем-

ния и марганца. Наиболее широкое применение при механизированной сварке углеродистых и низколегированных сталей нашла проволока марок Св-08Г2С, Св-08ГС, Св-08ГСМА, Св-10ХГ2СМА (ГОСТ 2246-70).

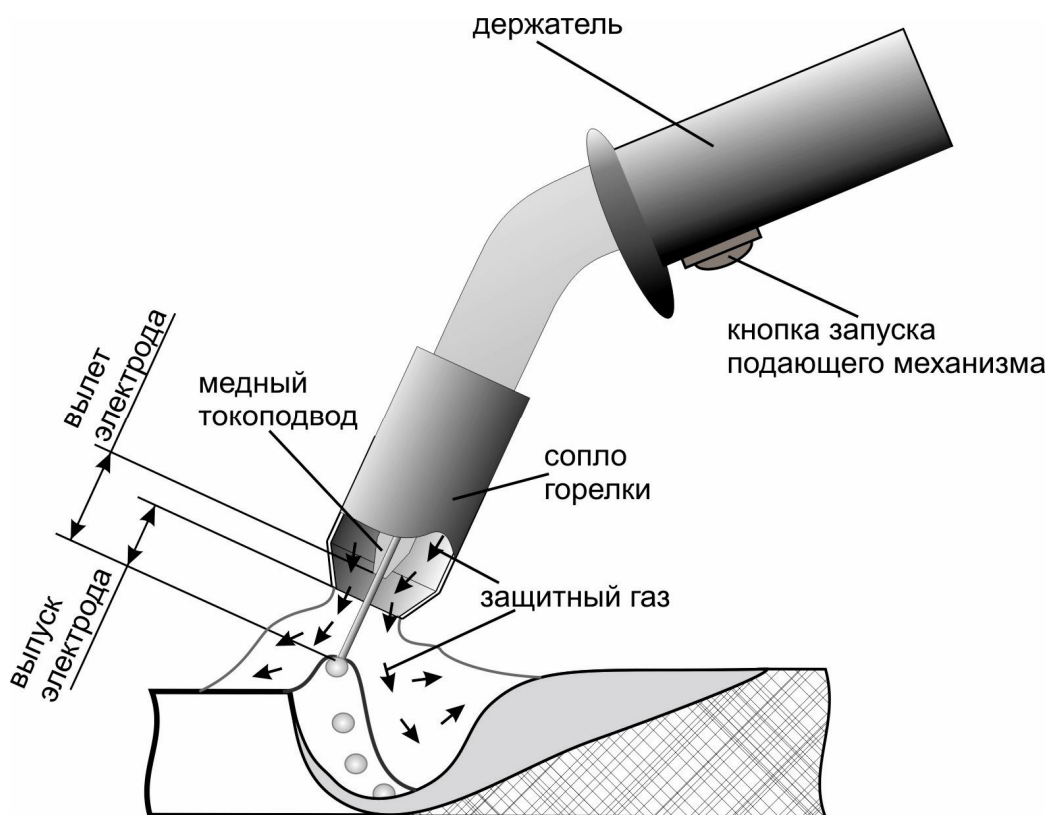


Рис. 3.2. Схема процесса механизированной сварки в защитных газах





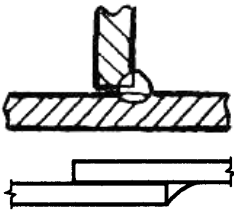
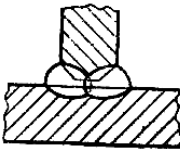
Основными параметрами режима сварки в углекислом газе являются:

- диаметр сварочной проволоки;
- полярность и сила тока;
- напряжение дуги;
- расход углекислого газа.

Набор параметров режима сварки зависит от толщины свариваемого металла, катета угловых швов, формы и размеров подготовки (разделки) кромок, химического состава свариваемого металла. Типовые режимы приводятся в справочно-нормативной литературе. Для некоторых типоразмеров сварных соединений строительных сталей они приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Режимы механизированной сварки в углекислом газе стыковых и угловых швов в нижнем положении

Эскиз сварного соединения и выполненного шва	Толщина проката или катета шва	Режимы сварки				
		Число слоев шва	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход углекислого газа, л/мин
	1-2	1	1,0	80-90	15-23	8-12
	3-4	1	1,2	120-200	18-24	
	3-4	2	1,0	180-200	24-26	15
	5	2	1,0	200-220	24-26	
	6-8	2	1,6-2,0	340-360	27-31	15-20
	10-12	2	1,6-2,0	380-400	30-32	
	14-16	2-3	1,6-2,0	380-400	30-32	15-20
	18-20	3-4	1,6-2,0	380-400	30-32	
	22-25	4-5	1,6-2,0	380-400	30-32	
	26-30	5-6	1,6-2,0	380-420	34-36	
	3-5	1	1,4 1,6; 2,0	280-300 340-360	32-34 34-36	15-20
	6-8	1	1,4 1,6; 2,0	300-320 380-420	32-34 34-36	
	9-12	2	1,4 1,6; 2,0	300-320 380-420	32-34 34-36	
	14-16	3-4	1,4 1,6; 2,0	300-320 380-420	32-34 34-36	
	18-20	6-8	1,4 1,6; 2,0	300-320 380-420	32-34 34-36	15-20
	22-24	8-10	1,4 1,6; 2,0	300-320 380-420	32-34 34-36	

Сварка в углекислом газе имеет следующие преимущества: высокую степень защиты расплавленного металла от воздействия воздуха; возможность ведения процесса во всех пространственных положениях, возможность визуального наблюдения за процессом формирования шва и его регулирования; более высокую производительность процесса, чем при ручной дуговой сварке; относительно низкую стоимость сварки 1 пог. м шва.

К недостаткам способа относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха, наличие потерь металла на разбрызгивание; наличие газовой аппаратуры (баллоны, редукторы и т.д.).

Механизированная сварка в углекислом газе широко применяется при заводском изготовлении металлоконструкций, монтаже технологических трубопроводов и технологического оборудования.

3.2.2. Механизированная сварка порошковой проволокой

При сварке в защитных газах надежность защиты может нарушаться при наличии сильного ветра (сквозняков) или засорения газового сопла брызгами. Сварка порошковой проволокой в значительной степени лишена этих недостатков. Порошковая проволока представляет собой металлическую оболочку (рис. 3.3), заполненную шихтой, в которую вводят шлакообразующие и газообразующие компоненты, железный порошок, раскислители, легирующие элементы.

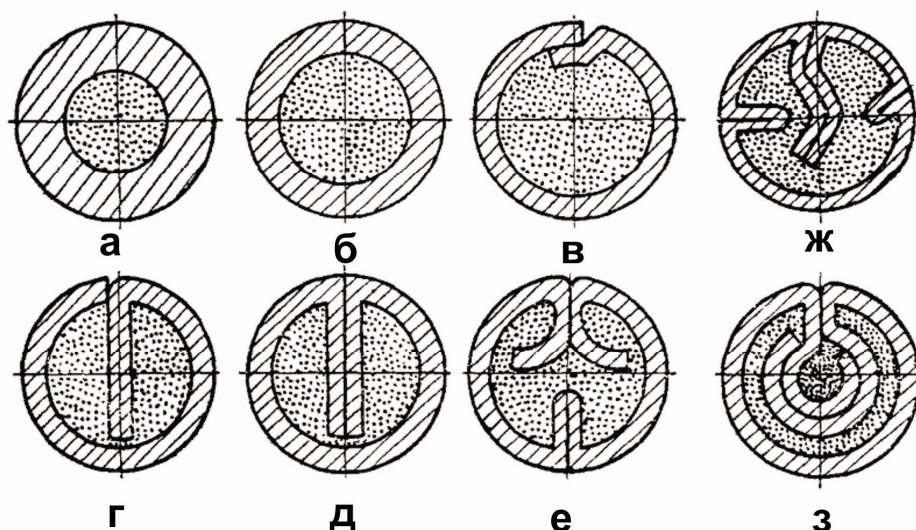


Рис. 3.3. Конструкции сечения порошковой проволоки: а, б – трубчатая, в-трубчатая с нахлестом; г-однозагибная; д-двухзагибная; е-трехзагибная; ж-четырезагибная; з-двухслойная

Схема процесса сварки порошковой проволокой приведена на рис. 3.4.

Конструкция порошковой проволоки определяет некоторые особенности ее расплавления. Сердечник на 50-70 % состоит из неметаллических и неэлектропроводных материалов, поэтому проволока плавится дугой, горячей и перемещающейся по металлической оболочке. Поэтому плавление сердечника может отставать от плавления оболочки (рис. 3.4). Для улучшения защиты ванны и упрощения состава шихты проволоки применяется комбинированный процесс сварки порошковой проволокой с дополнительной защитой ванны углекислым газом.

Сварка порошковой проволокой получила широкое применение при монтажной сварке металлических конструкции промышленных зданий и сооружений с использованием порошковых проволок – ПП-АН3 , ПП-АН8 (ГОСТ 26271-84).

3.2.3. Оборудование для механизированной сварки

Серийные сварочные полуавтоматы позволяют вести сварку самозащитными порошковыми проволоками и сплошными проволоками с защитой углекислым газом.

На рис. 3.5. приведена схема полуавтомата А-1197, предназначенного для сварки порошковой и сплошной проволокой в углекислом газе или открытой дугой.

Подающий механизм 2 и держатель 1 соединены между собой гибким прорезиненным шлангом (рис.3.6). Внутри этого шланга проложены токоведущие провода, провода управления и стальная спираль, по которой механизмом подачи проталкивается сварочная проволока. Также через этот шланг подается защитный газ, который проходит в полостях между проводами и стальной спиралью.

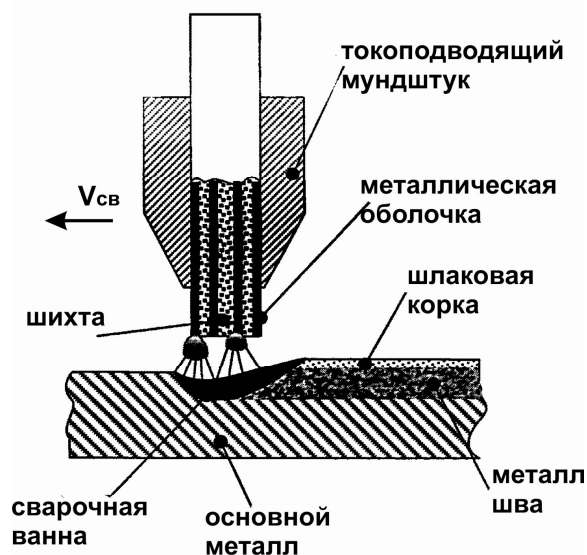


Рис. 3.4. Схема процесса сварки порошковой проволокой

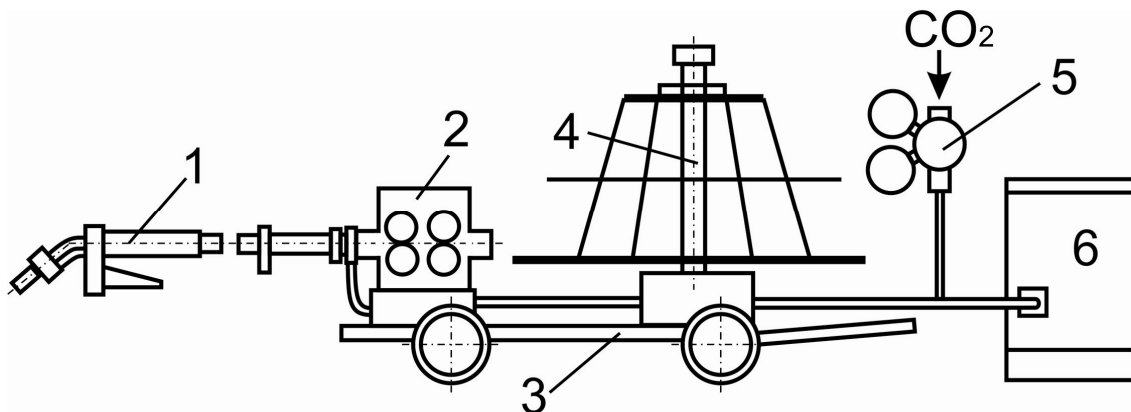


Рис. 3.5. Схема полуавтомата А-1197: 1 – держатель (газоэлектрическая горелка), 2 – механизм подачи, 3 – тележка, 4 – катушка с бухтой сварочной проволоки, 5 – редуктор, 6 – шкаф управления.

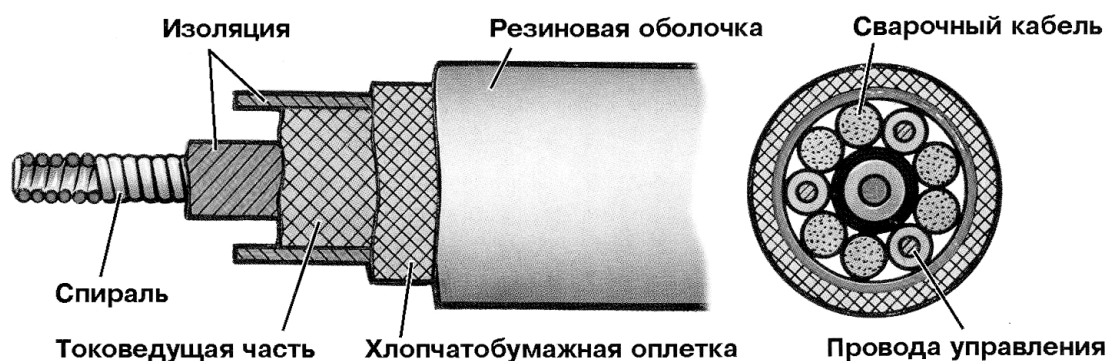


Рис. 3.6. Схема шланга полуавтомата

Кроме элементов, приведенных на рис. 3.5, полуавтомат комплектуется подогревателем и осушителем газа. Осушитель наполнен обезвоженным медным купоросом и предназначен для удаления влаги из углекислого газа. Подогреватель газа необходим для предупреждения накопления влаги в редукторе 5, которое может произойти из-за понижения температуры газа при редуцировании.

Питание полуавтомата углекислым газом может осуществляться от цеховой магистрали и из баллонов.

Сварочная дуга при сварке в защитных газах имеет возрастающую характеристику. Поэтому в качестве источников питания дуги используют обычно сварочные выпрямители или генераторы постоянного тока с жесткими внешними вольтамперными характеристиками.

3.3. Оборудование, приборы и материалы

Сварочный полуавтомат ПДГ-515-4К, источник ВДУ-506У3; образцы листовой стали 10ХСНД толщиной 9-10 мм; сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2; 1,6; 2 мм; баллон с углекислым газом.

3.4. Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические основы механизированной сварки.
2. Изучить устройство полуавтомата для сварки в углекислом газе с помощью макетов и технической документации.
3. Подготовить к работе образцы: зачистить, собрать встык, прихватить по торцам.
4. Подобрать с помощью табл. 3.1 параметры режима сварки в зависимости от толщины свариваемых образцов.
5. С помощью учебного мастера подготовить полуавтомат к работе.
6. В соответствии с выбранным режимом установить на пульте управления полуавтомата ток, напряжение, скорость подачи проволоки и расход защитного газа.
7. С помощью учебного мастера заварить серию образцов на разных режимах и визуально оценить качество сварки.
8. Рассчитать производительность наплавки по выражению, приведенному в предыдущей лабораторной работе, воспользовавшись зависимостями коэффициентов наплавки от тока и диаметра электродной проволоки, приведенными на рис. 3.7.
9. Результаты экспериментов и расчета занести в табл. 3.2.
10. Сопоставить производительность сварки в углекислом газе с производительностью РДС и АСФ.

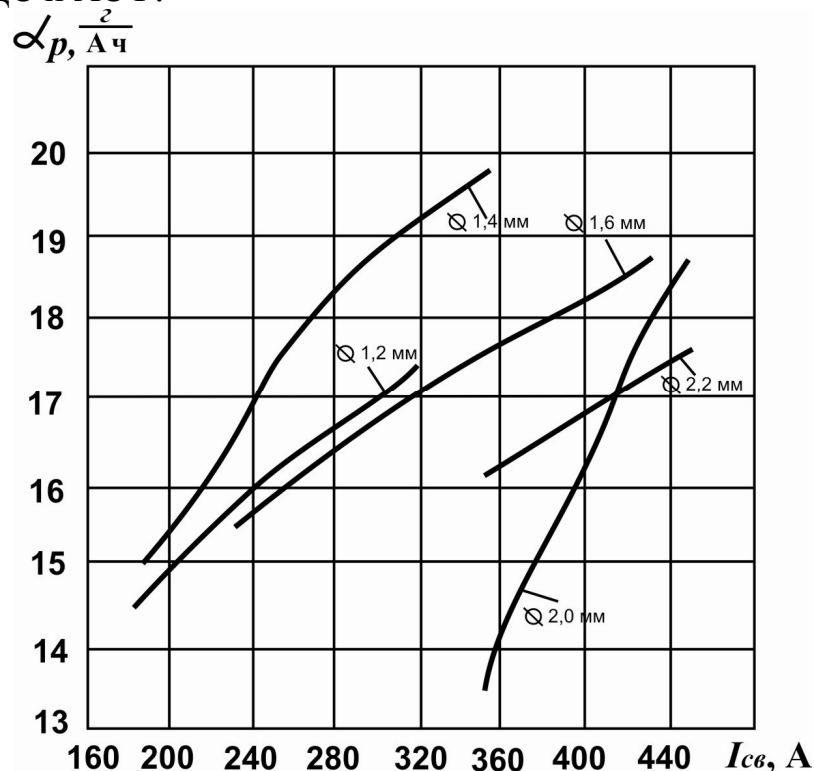


Рис. 3.7. Зависимость влияния сварочного тока и диаметра электродной проволоки на коэффициент наплавки при механизированной сварке в углекислом газе

Таблица 3.2**Параметры режима сварки и производительность наплавки**

Номер образца	Марка стали	Форма подготовки кромок	$I_{св}$, А	U_0 , В	V_n , м/ч	P_p , кг/ч

3.5. Содержание отчета

1. Название, цель работы.
2. Краткое теоретическое описание и схема механизированной сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.
3. Краткое теоретическое описание и схема механизированной сварки порошковой проволокой.
4. Методика определения и анализ технико-экономических показателей процесса.
5. Результаты измерений параметров режима сварки и расчета производительности.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие механизированной сварки от ручной и автоматической?
2. В чем заключается сущность и преимущества процесса сварки в защитных газах?
3. В чем сущность и преимущества сварки порошковой проволокой?
4. Каковы особенности сварки в углекислом газе?
5. Возможна ли качественная сварка в углекислом газе при применении стальной низкоуглеродистой проволоки?
6. Каковы основные элементы установки для механизированной сварки и их назначение?
7. Каковы области применения механизированной сварки?
8. Назовите основные параметры режима сварки в CO_2 и принципы их выбора.

Лабораторная работа № 4
ТОЧЕЧНАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

4.1. Цель работы

Ознакомление с физическими основами точечной сварки и её разновидностями; выполнение сварки экспериментальных образцов из стальных пластин и стержней и оценка качества сварных соединений.

4.2. Теоретические сведения

Точечная сварка – разновидность контактной сварки металлов, при которой заготовки соединяются в отдельных точках при местной пластической деформации, вызываемой осадочным усилием при нагреве электрическим током.

При точечной сварке соединяемые детали располагаются между электродами, изготовленными из медных сплавов. Соединение свариваемых элементов происходит на участках, ограниченных площадью торцов электродов, проводящих ток и передающих усилие сжатия.

Процесс точечной контактной сварки (рис. 4.1) начинается с предварительного сжатия деталей электродами до конкретной заданной величины $P_{сж}$, необходимой для получения требуемого электрического контакта между деталями и электродами. При достижении этого усилия включается сварочный ток, заданной величины – $I_{св}$. При протекании сварочного тока выделяется тепло Q , которое зависит от величины тока $I_{св}$, времени его прохождения $t_{св}$ и сопротивления R в месте контакта:

$$Q = 0.24 I_{св}^2 R t_{св} \text{ (Дж)}.$$

Часть тепла отводится в электроды из-за их высокой теплопроводности и охлаждения водой.

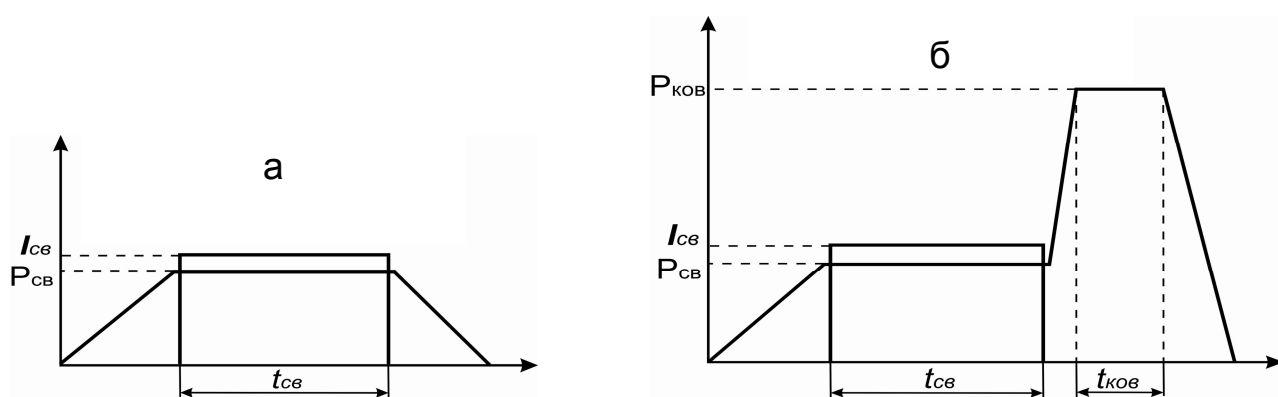


Рис. 4.1. Циклограммы изменения параметров режима при точечной контактной сварке для различных толщин свариваемых деталей:

- а) сварка деталей толщиной до 2 мм;
- б) сварка деталей толщиной свыше 2 мм.

В месте контакта соединяемых деталей, благодаря меньшему теплоотводу и большему контактному сопротивлению, пластины расплавляются и образуется литое ядро в форме чечевицы (рис. 4.2, 4.3)

После выключения сварочного тока происходит кристаллизация расплавленного металлического ядра. При толщинах свариваемых деталей более 2 мм во избежание образования дефектов (усадочные рыхлоты, раковины, трещины) во время кристаллизации деталям задают дополнительное ковочное усилие - $P_{ков}$ (см. рис. 4.1). Время выдержки под этим усилием называется временем проковки - $t_{ков}$. Точечной сваркой можно соединять детали толщиной от 0,3 до 6 мм. Режим сварки подбирается таким образом, чтобы диаметр сварной точки соединения достигал величины

$$d_k = 2\delta + 3 \text{ мм (мм)}, \quad (7)$$

где δ – толщина свариваемых деталей.

Усилие сжатия электродов зависит от толщины свариваемых деталей и механических свойств металла. Значение ковочного усилия обычно в 2-3 раза больше усилия сжатия.

Величина сварочного тока, в основном, зависит от толщины свариваемого металла. Значение сварочного тока можно определить по формуле

$$I_{св} = 6500\delta \text{ (А)}. \quad (8)$$

Длительность протекания тока ($t_{св}$) зависит от теплофизических и механических свойств металла. Время сварки можно определить из экспериментальной зависимости:

$$t_{св} = (0,1 \div 0,4)\delta \text{ (с)}. \quad (9)$$

При правильно выбранном режиме сварки расплавленный металл удерживается от выплеска прилегающей кольцевой зоной, находящейся в пластическом состоянии. При сварке деталей из материала с высокой теплопроводностью и малым сопротивлением (алюминиевые сплавы) время протекания тока необходимо выбирать относительно небольшим, т.к. при увеличении времени протекания тока резко увеличивается отвод тепла от деталей в электроды. В связи с этим для таких металлов используют повышенные токи и малое время его прохождения. Для материалов с высоким электросопротивлением и низкой теплопроводностью (углеродистые, нержавеющие стали, жаропрочные сплавы и др.) получение сварочного ядра заданных размеров достигается при меньших величинах сварочного тока, но при большей длительности импульса.

Справочные (табличные) режимы точечной сварки являются ориентировочными: реальные режимы уточняются экспериментально на конкретных деталях или образцах.

Ток к соединяемым деталям при точечной сварке подводится различными способами:

- с двух сторон (см. рис. 4.2), когда ток подаётся к каждой из деталей;
- с одной стороны (см. рис. 4.3), когда оба электрода размещены на одной из деталей.

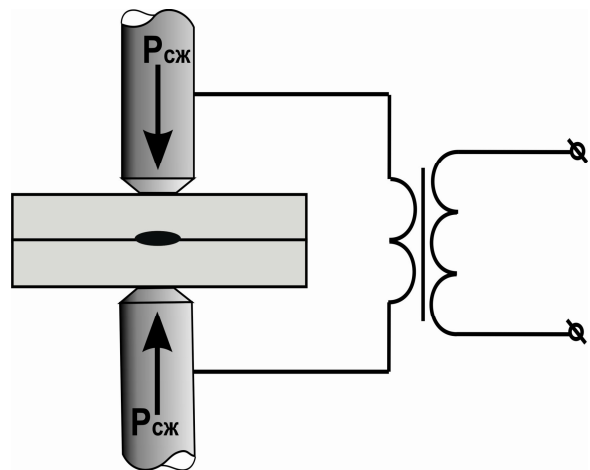
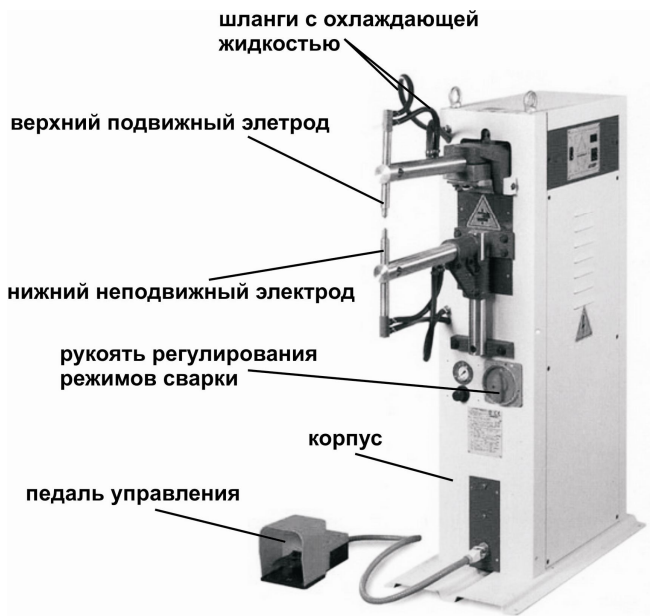


Рис. 4.2. Общий вид сварочной установки и схема процесса двусторонней контактной точечной сварки

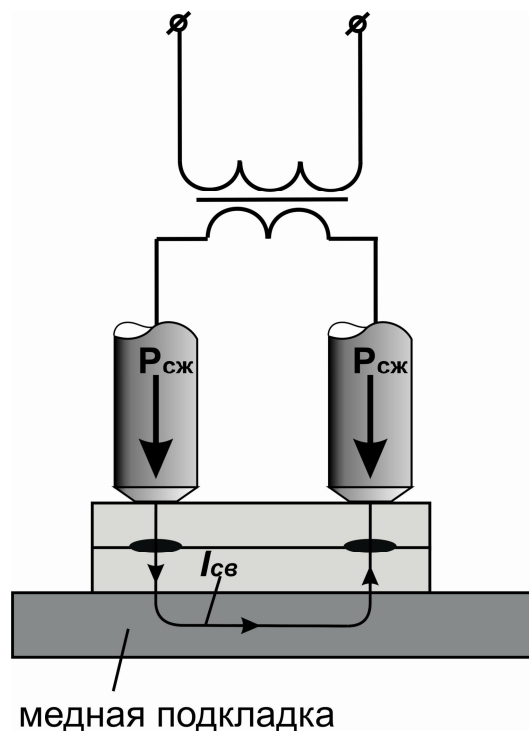
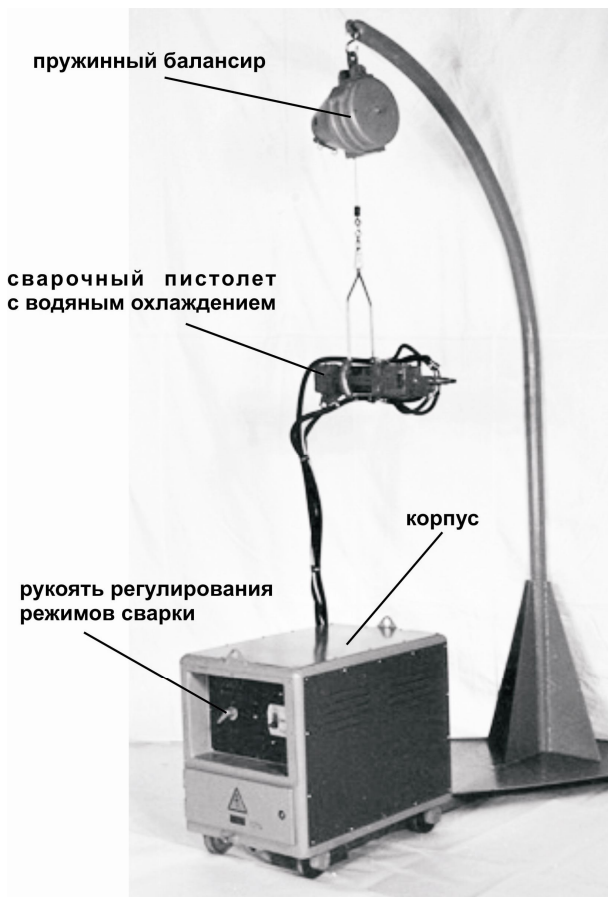


Рис. 4.3. Общий вид сварочной установки и схема процесса односторонней контактной точечной сварки

Точечная сварка легко механизмуется и может реализовываться в одно-точечном или многоточечном вариантах. Она применяется при изготовлении различных машин, механизмов, арматурных каркасов, сеток и др.

4.3. Оборудование, приборы и материалы

Установка для односторонней сварки К-264 или двусторонней сварки МТР-1201, разрывная машина Р-5, заготовки образцов (пластины толщиной $1\div 2$ мм), штангенциркуль, наждачная бумага.

4.4. Порядок выполнения работы

1. Получить инструкцию по эксплуатации сварочной установки (К-264 или МТР-1201) и образцы.
2. Зачистить образцы наждачной бумагой до металлического блеска.
3. Измерить толщину δ , ширину b , длину l образцов.
4. Изучить устройство и принцип работы контактной сварочной установки К-264.
5. Подобрать режимы сварки образцов согласно их размерам и настроить сварочную установку.
6. Заварить плоский образец внахлест.
7. Настроить разрывную машину Р-5 и провести испытание плоских образцов на растяжение.
8. Зафиксировать максимальную нагрузку P_{\max} при растяжении и диаметр сварочной точки d_k после разрушения образцов.
9. Определить прочность сварных соединений на срез по формуле

$$\tau_{\max} = \frac{4P_{\max}}{\pi d^2} \text{ (МПа);} \quad (10)$$

10. Режимы сварки, результаты расчётов и измерений занести в табл. 4.1.
11. Сравнить значения прочности на срез сварного соединения и основного металла для стали Ст3, равной 160 МПа.
12. Составить письменный отчёт.

Таблица 4.1

Параметры режима сварки и прочность сварных швов

Номера образцов	Размеры образцов, мм			Режимы сварки			d_k , мм	P_{max} , МПа	τ_{max} , МПа
	δ	b	l	$I_{св}$, А	U, В	$P_{св}$, Н			
1									
2									
3									
4									

4.5. Содержание отчёта

1. Название и цель работы, перечень оборудования и приборов.
2. Краткие сведения о физической сущности точечной сварки с необходимыми иллюстрациями.
3. Описание проведения методики экспериментов.
4. Экспериментальные данные, сведённые в табл. 4.1.
5. Анализ полученных результатов (выводы по работе).

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите физическую сущность контактной сварки.
2. Какие материалы и сплавы можно сваривать контактной сваркой?
3. Какие типы сварных соединений применяют при точечной сварке?
4. Расскажите особенности работы точечных соединений при растяжении.
5. Как выбрать режим точечной контактной сварки?

Лабораторная работа № 5 ВАННАЯ СВАРКА АРМАТУРЫ

5.1. Цель работы

Ознакомление с физической сущностью ванной сварки; изучение технологических приёмов при ванной сварке арматуры; выполнение ванной сваркой стержней арматуры встык в горизонтальном положении с использованием инвентарной формы и ручной дуговой сварки.

5.2. Краткие теоретические сведения

Ванная сварка – разновидность сварки плавлением, осуществляемая в специальных формирующих подкладках при повышенных (на 15-20 %) токах.

Существенной особенностью ванной сварки является то, что расплавление кромок стержней происходит в основном за счёт тепла перегретой жидкой ванны, а не под непосредственным действием дуги. При этом нижние слои ванны постепенно затвердевают, а верхние (на глубину до 15 мм) в течение всего процесса остаются в жидком состоянии.

Ванная дуговая сварка характеризуется увеличенными размерами сварочной ванны, которая удерживается в специальных медных, чугунных, керамических, графитовых или стальных формах в виде желоба. Медные, чугунные, и графитовые формы делают разъёмными (многооборотными) и после сварки удаляют (рис. 5.1). Стальные формы используют как остающиеся (рис. 5.2).

Нагрев металлической ванны и плавление электродного металла на начальном этапе осуществляется теплом электрической дуги, а после наведения шлаковой ванны и частичного шунтирования электрической дуги теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока через слой расплавленного шлака.

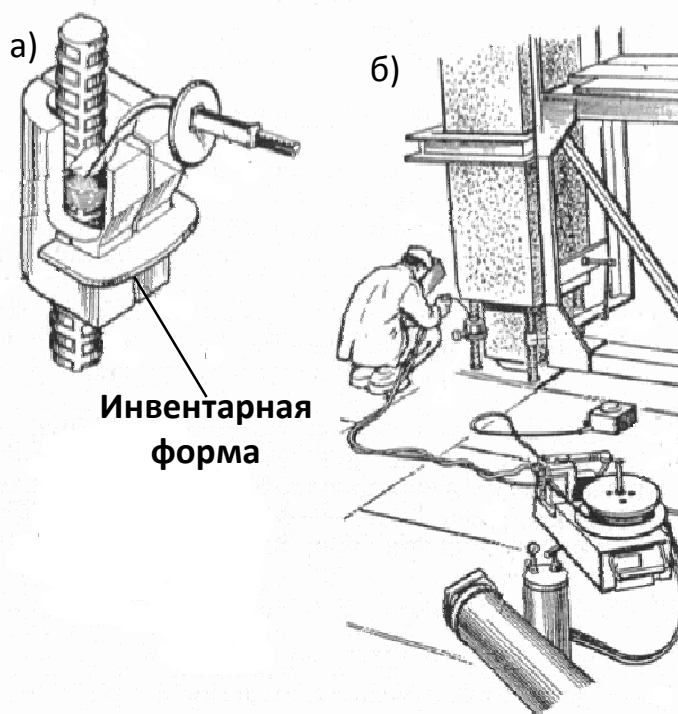


Рис. 5.1. Схема (а) и общий вид (б) процесса ванной сварки вертикальных стыков стержней арматуры

Ванную сварку применяют для соединения деталей компактного сечения (рельсы, валы, стержни арматуры железобетонных конструкций) встык в вертикальном (см. рис. 5.1) или горизонтальном (см. рис. 5.2) положениях.

Ванную сварку арматуры рационально применять в монтажных условиях, когда диаметр свариваемых стержней больше 20 мм.

Ванная сварка классифицируется по схеме питания дуги на однофазную и трёхфазную; по количеству электродов – на одно- и многоэлектродную; по степени механизации – на ручную и механизированную; по виду формирующей подкладки – на остающейся и удаляемой подкладках; по используемому способу сварки – на ванную под флюсом, в среде углекислого газа, порошковой проволокой, ручную дуговую; по роду тока – на ванную переменным или постоянным током.

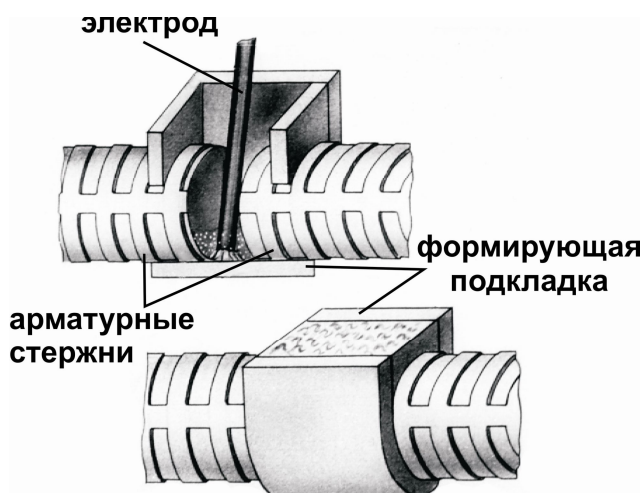


Рис.5.2. Схема ванной сварки горизонтальных стержней арматуры

Основными параметрами режима ванной сварки являются величина сварочного тока $I_{св}$, напряжение U , диаметр электрода или электродной проволоки $\varnothing_э$, величина зазора между свариваемыми стержнями. Выбор значения параметров режима зависит от диаметра (площади поперечного сечения) свариваемых стержней и класса арматуры. В табл. 5.1 приведены ориентировочные режимы ручной ванной сварки арматурных стержней для наиболее распространённых диаметров. При сварке на морозе ток увеличивается на 10 %. Величина зазора между арматурными стержнями подбирается так, чтобы электрод мог свободно дойти до нижней границы стыка. Обычно зазор составляет 1,5-2 диаметра электрода (с учётом обмазки).

5.3. Оборудование, приборы и материалы

Пост для ручной дуговой сварки; источник питания сварочной дуги, оборудованный контрольно-измерительными приборами; инвентарная медная форма; весы с гирями; секундомер; молоток слесарный; щётка металлическая; щиток сварочный; арматурные стержни (\varnothing 20-24 мм, $l = 120-150$ мм) класса А-II (А240).

5.4. Порядок выполнения работы

1. Подготовить инвентарную форму и рабочее место для сварки.
2. Металлической щёткой зачистить концы (на длину 20 мм) двух стержней и взвесить их с точностью до 1 г.
3. Подобрать режимы ванной сварки стержней в инвентарной форме по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Режимы ванной сварки стержней

Диаметр стержней, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Зазор между стержнями, мм
20-28	5	250-275	30	15-18
32-40	5-6	250-330	35	15-20

4. Закрепить стержни в инвентарную форму (см. рис. 5.1, а; 5.2).
5. Включить источник питания и выполнить ванную сварку стержней следующим образом. Лёгким касанием электрода к нижней части одного из стержней возбудить дугу и тщательно проплавить эту часть торца стержня. После образования на дне стержня небольшого количества жидкого металла электрод переместить на нижнюю часть торца другого стержня. Затем электроду сообщить круговые движения по спирали от стенок выреза в форме к её центру. Когда уровень шлаковой ванны поднимется несколько выше торцов стержней, сварку закончить так, чтобы не создавать заметного усилия сварного шва. Для предупреждения образования подкорковых раковин на поверхности шва в процессе окончания сварки следует попеременно прервать и возбудить дугу несколько раз в центре выреза формы. Если требуется смена электрода, то это следует делать очень быстро, не более чем за 4-5 с.
6. Во время сварки зафиксировать время горения дуги t , величину сварочного тока $I_{св}$ и напряжения U .
7. После окончания сварки и затвердевания металла шва и шлака извлечь стержни из формы.
8. Очистить стержни от шлака и взвесить.
9. Дать оценку качества сварного соединения.
10. Определить коэффициент наплавки (α_n) и производительность сварки Q по формулам:

$$\alpha_n = \frac{Q_n \cdot 3600}{I_{св} \cdot t} \text{ (г/А ч)},$$

$$Q = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{1000} \text{ (кг/ч)},$$

где Q_n – масса наплавленного электродного металла, г; $I_{св}$ – сварочный ток, А; t – время горения дуги, с.;

11. Данные измерений и расчётов занести в табл. 5.2.
12. Сделать выводы по результатам экспериментов.

Таблица 5.2

Результаты экспериментов

Номера подгрупп	Результаты измерений				Результаты расчётов					
	Характеристика образцов электродов				Режимы сварки			Масса наплавленного металла, г	Коэффициент наплавления, г/А*ч	Производительность сварки, кК/ч
	Размеры, мм		Масса стержней, г							
	Класс и диаметр арматуры	Марка и диаметр электрода	До сварки	После сварки	Сила тока, А	Напряжение, В	Время сварки, с			
1										
2										
3										

5.5. Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Описание сущности ванной сварки и её разновидностей.
3. Таблица с результатами экспериментов.
4. Выводы по работе.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность и особенности ванной сварки?
2. Расскажите классификацию методов ванной сварки.
3. Какая область применения ванной сварки.
4. Какие параметры составляют режим ванной сварки, выполненной ручной дуговой сваркой, механизированной под флюсом и в среде углекислого газа?
5. Как выбрать режим ванной сварки?
6. Как определить коэффициент наплавки и производительность ванной сварки?

Лабораторная работа №6
ГАЗОВАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

6.1. Цель работы

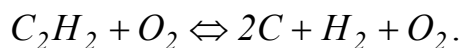
Ознакомление с физическими основами газовой сварки; изучение оборудования для газовой сварки; получение представления об основных параметрах процессов газовой сварки; выполнение сварки экспериментальных образцов из малоуглеродистой или низколегированной стали, оценка производительности процесса, сопоставление производительности процесса газовой сварки с дуговыми методами сварки.

6.2. Теоретические сведения

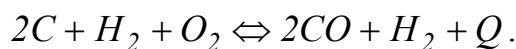
Газовая сварка относится к группе способов сварки плавлением. Существенное технологическое отличие газовой сварки от дуговой сварки – более плавный и медленный нагрев металла. Источником нагрева и плавления металла при газовой сварке является тепло, выделяющееся в газовом пламени, образующемся при сжигании горючих газов в струе кислорода. Газовая сварка уступает дуговым способам сварки по качеству и производительности. Низкая производительность обусловлена сравнительно невысокой температурой газового пламени, которая в свою очередь определяется составом горючей смеси. Для сварки в качестве горючих газов используется ацетилен (C_2H_2), пропан-бутановые смеси ($C_3H_8 + C_4H_{10}$), природный газ (метан CH_4). Наиболее широкое распространение для сварки получило использование смеси ацетилена с кислородом. Ацетиленовое пламя характеризуется самой высокой температурой горения и наименьшим расходом кислорода в сравнении с применением других горючих газов (рис. 6.1).

Ацетиленово-кислородное пламя (рис. 6.2) состоит из трёх зон: ядра - 1, средней (сварочной) зоны – 2 и факела – 3.

В зоне 1 происходит постепенный нагрев до температуры воспламенения газовой смеси, поступающей из мундштука, и разложение ацетилена:



В зоне 2 протекает реакция окисления углерода кислородом, поступающим из горелки, которая сопровождается выделением значительного количества тепла. Это обеспечивает рост температуры и достижение ею максимума во 2-й зоне:



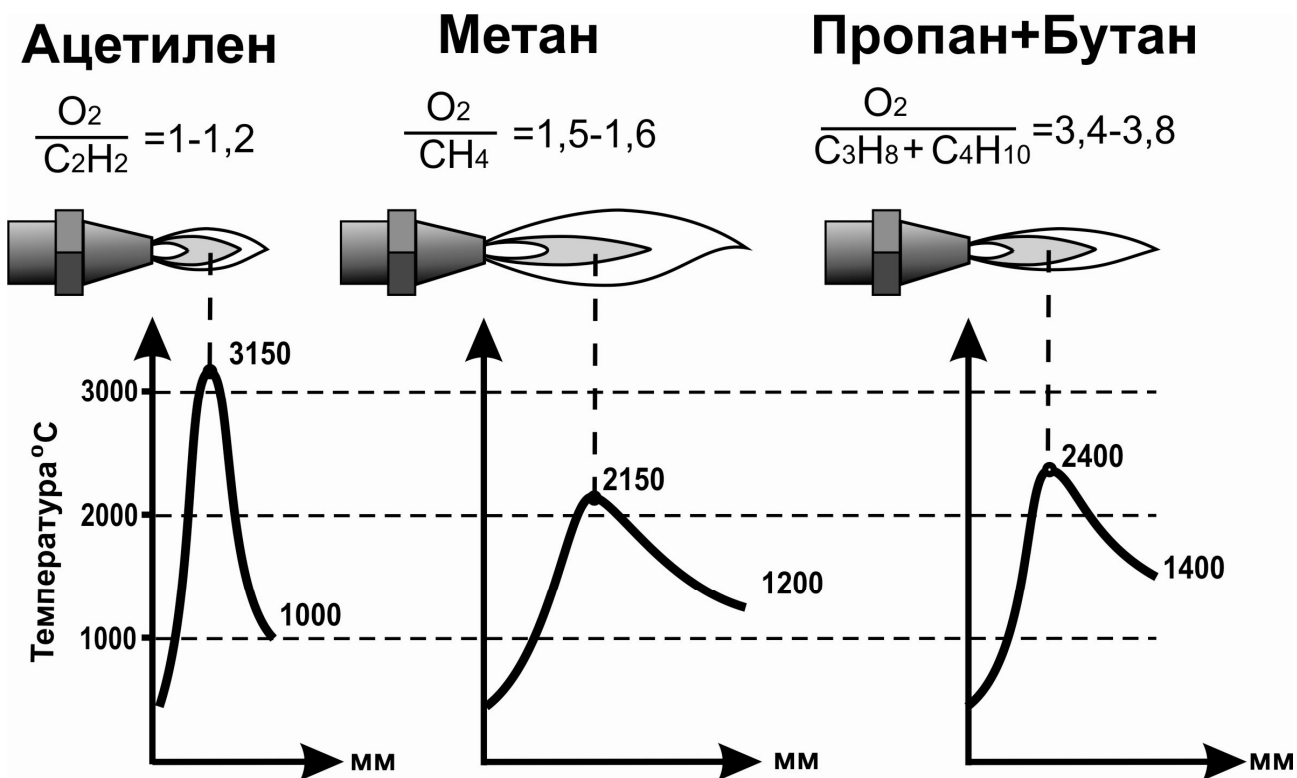


Рис. 6.1. Зависимость технологических свойств газового пламени от использования различных горючих смесей

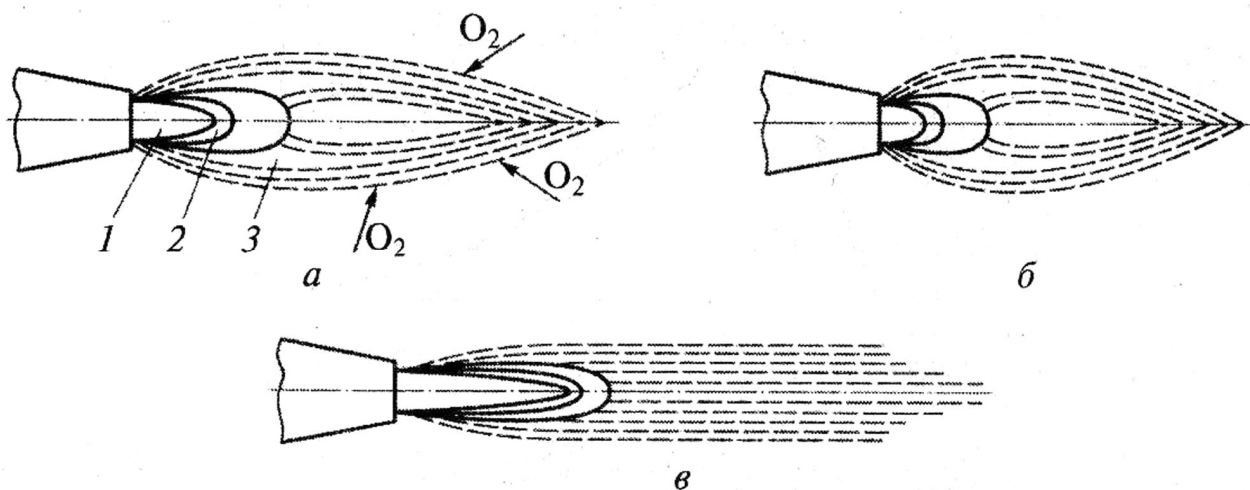
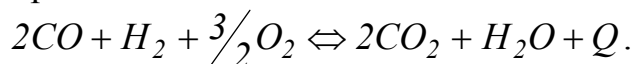


Рис. 6.2. Схема строения сварочного пламени:
 а – пламя нормальное; б – пламя окислительное (с избытком кислорода);
 в – пламя науглероживающее (с избытком ацетилена);
 1 – ядро; 2 – средняя зона; 3 – факел

Угарный газ, образующийся при окислении углерода и водорода, поступивший из зоны 1, обеспечивает восстановительный характер газовой атмосферы во 2-й зоне газового пламени. Именно этой зоной, имеющей максимальную температуру и восстановительный характер газовой атмосферы, называемой «сварочной» или «рабочей», осуществляется нагрев и плавление свариваемого и присадочного металлов при газовой сварке.

В зоне 3 происходит догорание угарного газа и окисление водорода за счет атмосферного кислорода:



При этом тоже выделяется значительное количество теплоты. Однако из-за большого объема зоны факела 3 температура в ней ниже, чем в «рабочей» зоне.

Углекислый газ и пары воды при высоких температурах окисляют металл, поэтому третью зону называют окислительной.

Ацетиленово-кислородное пламя называют нормальным, когда соотношение газов $O_2/C_2H_2 \approx 1-1,2$. Нормальным пламенем сваривают большинство сталей. При увеличении содержания кислорода $O_2/C_2H_2 > 1,2$ пламя приобретает окислительный характер (голубоватый оттенок) (рис. 6.2,б). Оно применяется для сварки латуней, так как избыточный кислород связывает цинк в тугоплавкие оксиды и препятствует его испарению и образованию пор. При увеличении содержания ацетилена $O_2/C_2H_2 < 1$ (см. рис. 6.2, в) пламя становится коптящим, удлиняется и имеет красноватый оттенок. Такое пламя называют науглероживающим и применяют для сварки чугуна и цветных металлов, так как в этом случае избытком углерода восстанавливаются оксиды цветных металлов.

Схема процесса газовой сварки приведена на рис. 6.3.

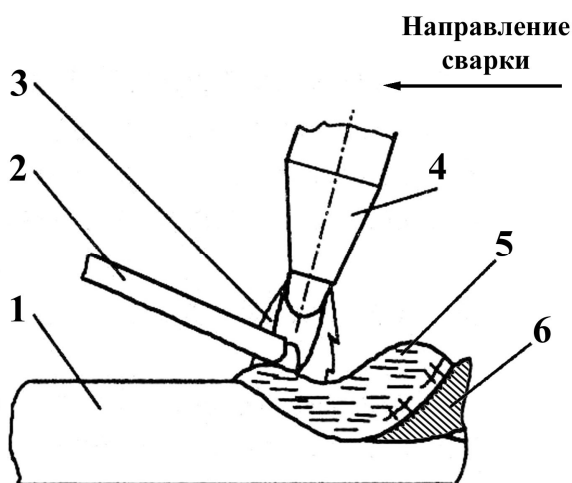


Рис. 6.3. Схема процесса газовой сварки:
 1 – свариваемые заготовки; 2 – присадочный металл; 3 – газосварочное пламя; 4 – мунштук горелки; 5 – ванна расплавленного металла; 6 – сварной шов

В зону пламени подаётся присадочный материал в виде проволоки или литых прутков. Под действием тепла, выделяющегося в пламени горелки 3, происходит расплавление кромок свариваемых заготовок 1 и присадочного материала 2, в результате чего образуется ванна расплавленного металла 5. По мере перемещения сварочной горелки относительно свариваемых заготовок вследствие теплоотвода из ванны в холодные нерасплавленные участки металла происходит кристаллизация ванны с образованием сварочного шва 6.

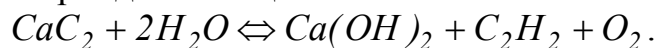
Давление в газовом пламени – выше атмосферного. Это обеспечивает отеснение из пламени воздушной атмосферы и предотвращает значительное развитие окислительных процессов и поглощение азота.

Такой естественной защиты расплавленного металла достаточно для получения качественных сварных соединений при сварке большинства углеродистых и низколегированных конструкционных сталей. При сварке сплавов цветных металлов необходимо использование флюсов, вводимых в зону сварки в виде прутков или паст.

Кислород, используемый для газосварочных работ, получают разделением воздуха на кислород и азот методом глубокого охлаждения (сжижения) и ректификации (разница температур сжижения кислорода и азота - 13°).

Кислород поставляют к месту потребления в стальных баллонах под давлением 15 МПа. Баллоны окрашивают в голубой цвет с чёрной надписью «КИСЛОРОД».

Ацетилен получают в специальных аппаратах – газогенераторах при взаимодействии воды с карбидом кальция:



Газогенераторы бывают стационарные и переносные. Ацетиленовые генераторы взрывоопасны и нуждаются в специальном обслуживании. Поэтому при работе одного-двух сварочных постов и в полевых условиях целесообразно использовать баллонный ацетилен. Баллоны для ацетилена изготавливают из стали, но в отличие от кислородных они заполнены пористой массой (активированным углём) и ацетоном. Растворение ацетилена в ацетоне позволяет поместить в малом объёме большое количество ацетилена при давлении 1,5 МПа и снизить его взрывоопасность. Ацетиленовые баллоны окрашивают в белый цвет с красной надписью «АЦЕТИЛЕН».

Пропан и пропан-бутановые смеси поставляются в сжиженном виде в баллонах емкостью 40 и 55 дм³ (литров). Они рассчитаны на максимальное рабочее давление 1,6 МПа. Баллоны окрашивают в красный цвет с белой надписью «ПРОПАН».

Кислород и ацетилен из баллонов через понижающие газовые редукторы (рис. 6.4) с помощью шлангов подаются в горелку, предназначенную для образования газового пламени.

В сварочной технологии наиболее часто используют **горелки инжекторного типа** (рис. 6.5) и реже **безынжекторные** (рис. 6.6).

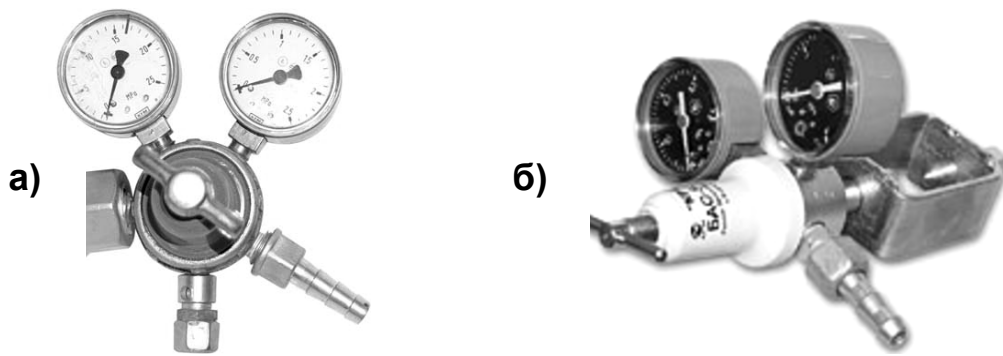


Рис. 6.4. Общий вид понижающих газовых редукторов:
а – для кислорода; б – для ацетилена.

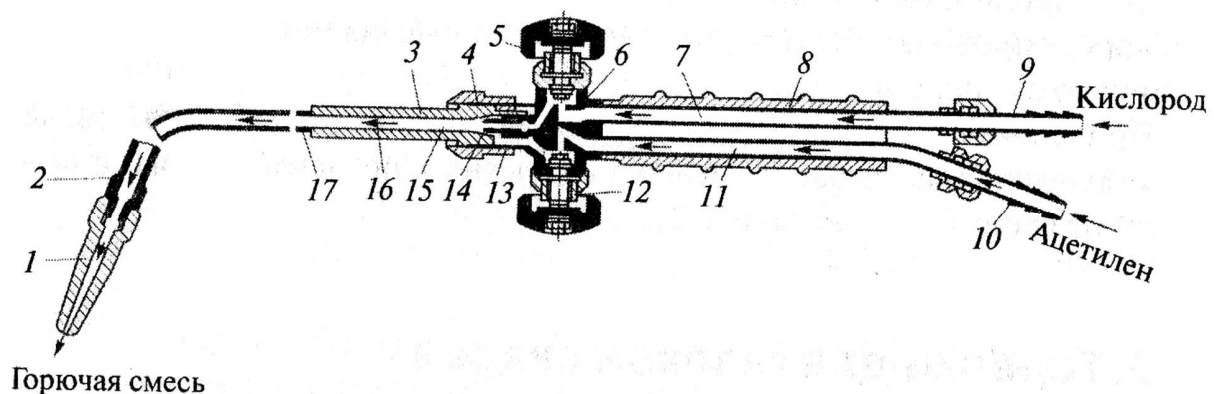


Рис. 6.5. Схема инжекторной горелки:

1 – мундштук ацетилено-кислородной горелки; 2 – ниппель наконечника;
3 – сменный наконечник для ацетилено-кислородной горелки; 4 – зазор между стенками смесительной камеры и корпусом; 5 – регулирующий кислородный вентиль; 6 – корпус; 7 – кислородная трубка; 8 – рукоятка; 9, 10 – штуцеры; 11 – трубка горючего газа; 12 – регулирующий вентиль горючего газа; 13 – инжектор; 14 – канал малого сечения; 15 – канал смесительной камеры; 16 – смесительная камера; 17 – трубка горючей смеси

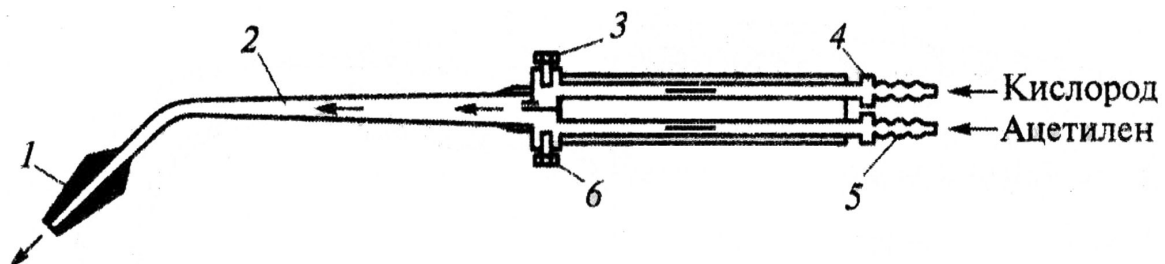


Рис. 6.6. Схема безинжекторной горелки:

1 – мундштук; 2 – трубка наконечника; 3 – вентиль кислорода;
4 – ниппель кислорода; 5 – ниппель ацетилена; 6 – вентиль ацетилена

Кислород в инжекторной горелке (рис. 6.5) через кислородную трубку 7 и кислородный регулирующий вентиль 5 проходит под давлением 0,1-0,4 МПа и с большой скоростью выходит из узкого центрального канала инжектора 13. При этом струя кислорода создает разрежение на выходе ацетиленовых каналов, за счет которого ацетилен инжектируется (подсасывается) в смесительную камеру 16, откуда образовавшаяся горючая смесь направляется в мундштук 1 и на выходе сгорает.



Рис. 6.7. Общий вид горелки с комплектом наконечников

Горелки имеют сменные наконечники с различными диаметрами выходных отверстий инжектора и мундштука, что позволяет регулировать мощность кислородно-ацетиленового пламени. Каждый наконечник имеет свой номер.

Основными параметрами режима газовой сварки являются способ сварки (левый и правый), мощность пламени (номер наконечника), диаметр присадочного прутка (проволоки), траектория движения горелки и присадочной проволоки.

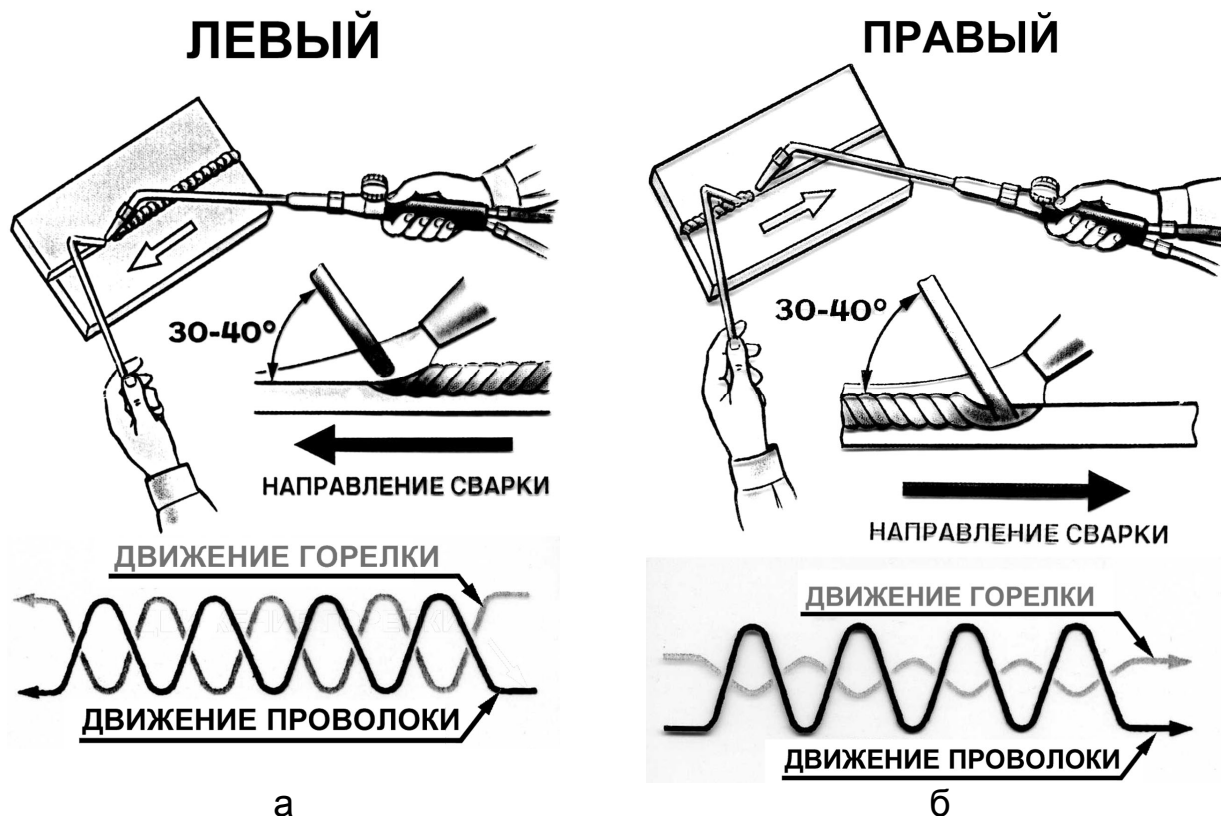


Рис. 6.8. Схемы способов газовой сварки:
а – левый; б – правый

При правом способе горелку перемещают слева направо, а присадочная проволока перемещается вслед за горелкой. Пламя направляют на уже сваренный участок шва. Мундштуком производят незначительные колебания. При сварке листов толщиной менее 8 мм мундштук перемещают вдоль оси шва без колебаний. Конец проволоки держат погруженным в сварочную ванну и спиральными движениями перемешивают жидкий металл для облегчения удаления оксидов и шлаков. Правый способ используют при толщинах металла более 3 мм с разделкой кромок. Тепло пламени рассеивается меньше, чем при левом способе.

Угол разделки кромок можно уменьшить, особенно при больших толщинах.

При левом способе горелку перемещают справа налево. Присадочная проволока находится перед пламенем, которое направлено на свариваемые кромки. Конец присадочной проволоки находится в восстановительной зоне. Этот способ применяют при сварке тонкостенных (до 3 мм) конструкций и при сварке легкоплавких металлов и сплавов

Качество шва при правом способе сварки выше, чем при левом, так как металл лучше защищен факелом.

Качество получаемых изделий, а также производительность процесса сварки в большей степени зависит от мощности пламени, т. е. **часового расхода горючего газа**. При сварке углеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении расход ацетилена можно назначать для левого способа по формуле

$$V_{C_2H_2} = (100 - 130) \delta, \text{ л/ч,}$$

где δ - толщина свариваемого металла, мм.

При правом способе используют более мощное пламя, а расход ацетилена определяют по формуле

$$V_{C_2H_2} = (120 - 150) \delta, \text{ л/ч.}$$

По вычисленному расходу ацетилена выбирается номер наконечника горелки (табл. 6.1).

Диаметр присадочной проволоки зависит от толщины свариваемого металла и способа сварки. Для правого способа сварки диаметр присадочной проволоки можно определить по формуле

$$d_{np} = \frac{\delta}{2}, \text{ мм,}$$

где δ – толщина свариваемого металла.

При левом способе сварки диаметр присадочной проволоки берётся на 1 мм больше, чем при правом. При толщинах более 15 мм используют проволоку диаметром 6-8 мм.

Для сварки малоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей обычно применяют проволоки марок Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2.

Угол наклона присадочной проволоки к поверхности металла составляет 30-40°, сварочной горелки – 30-60°.

Ориентировочные режимы газовой сварки с использованием ацетилено-кислородной смеси, в зависимости от толщины свариваемых деталей приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1.

Ориентировочные режимы газовой сварки

Номер наконечника	Параметры				
	Толщина свариваемой стали, мм	Расход ацетилена, л/ч	Расход кислорода, л/ч	Давление ацетилена на входе в горелку, МПа	Давление кислорода на входе в горелку, МПа
0	0,2–0,5	40–50	44–50	0,001–0,10	0,15–0,30
1	0,5–10	65–90	70–100		
2	1–2	130–180	140–200		
3	2–4	250–350	270–380		
4	4–7	420–600	450–650		
5	7–11	700–950	750–1000		
6	11–17	1130–500	1200–1650	0,01–0,10	0,20–0,35
7	17–30	1800–2500	2000–2800		
8	30–50	2500–4500	3000–5600	0,03–1,0	0,25–0,50
9	>50	4500–7000	4700–9300		

Достоинства газовой сварки – простота оборудования (не требуется источник электроэнергии), универсальность метода – возможна сварка во всех пространственных положениях.

Газовую сварку применяют при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали толщиной 1-3 мм, монтаже труб малого и среднего диаметра, сварке соединений и узлов, изготовленных из тонкостенных труб, сварке изделий из алюминия и его сплавов, меди, латуни и свинца, чугуна. Наибольшее применение газовая горелка получила при строительномонтажных и ремонтных работах.

6.3. Оборудование и материалы

Пост газовой сварки, оборудованный газовыми баллонами, понижающими газовыми редукторами, шлангами и инжекторной горелкой; макет и стенд по газовой сварке; весы с разновесами; секундомер; штангенциркуль.

6.4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с сущностью процесса газовой сварки, оборудованием, основными параметрами режима и принципами их выбора по настоящим методическим указаниям и лабораторному стенду.
2. Получить стальные пластины для сварки, измерить их толщину.
3. По толщине и типу соединения подобрать параметры режима газовой сварки: способ сварки, расход ацетилена и кислорода, номер наконечника горелки, диаметр и марку присадочной проволоки.
4. Собрать и прихватить образцы (прихватку производит учебный мастер).
5. Взвесить собранные заготовки.
6. Произвести сварку стыкового соединения. Зафиксировать время сварки.
7. Очистить и взвесить сваренные образцы.
8. Измерить геометрические размеры шва (ширину, высоту усиления, глубину проплавления). Путём внешнего осмотра дать заключение о наличии дефектов в сварном соединении.
9. Вычислить производительность процесса газовой сварки по выражению:

$$П = \frac{3600(Q - Q_o)}{1000t}, \text{ кг/ч.}$$

где $Q - Q_o$ – масса наплавленного металла, г.

Q – масса образцов после сварки, г.

Q_o – масса прихваченных образцов до сварки, г.

t – время сварки, с.

10. Результаты экспериментов занести в протокол, форма которого приведена в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Форма записи экспериментальных данных

Толщина свариваемого металла	Марка свариваемого металла	Марка присадочной проволоки	Параметры режима сварки				Масса образцов, г		Время сварки, с	Производительность сварки, П, кг/час	Видимые дефекты шва и соединения
			Способ сварки	Расход горючего газа	Номер наконечника	Диаметр присадочной проволоки, мм	До сварки	После сварки			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

6.5. Содержание отчета

1. Название, цель работы.
2. Краткое теоретическое описание физической сущности процессов при газовой сварке, иллюстрированное схемами газовой сварки и строения газового пламени (см. рис. 6.1–6.3).
3. Описание и схема устройства инжекторной горелки.
4. Методика определения и анализ технико-экономических показателей процесса.
5. Результаты измерений параметров режима сварки и расчета производительности (табл. 6.2.).
6. Выводы с сопоставлением производительности газовой сварки и РДС.

Контрольные вопросы

1. Что является источником нагрева металла при газовой сварке?
2. Какие характерные зоны имеются в газовом пламени? Какие процессы протекают в этих зонах? Какая зона из них и почему является рабочей?
3. Как обеспечивается защита расплавленного металла от кислорода и азота воздуха при газовой сварке?
4. Какие горючие газы могут использоваться для сварки?
5. Как получают кислород и ацетилен для сварки?
6. Как устроены баллоны для транспортировки кислорода и ацетилена? За счет чего снижается взрывоопасность ацетилена при транспортировке его в баллонах?
7. Как устроена инжекторная горелка для получения газового пламени? За счет чего удается получить примерно одинаковые объемы кислорода и ацетилена при подаче их в горелку при разных давлениях?
8. Как регулируется мощность пламени инжекторных горелок?
9. Какие виды пламени используются при газовой сварке?
10. Какими основными параметрами можно охарактеризовать режим газовой сварки?
11. В чем сущность отличия правого и левого способа газовой сварки? Каковы области рационального использования каждого из них? Какой из них обеспечивает большую глубину провара?
12. От чего зависит выбор параметров режима газовой сварки?
13. Какие достоинства и недостатки характерны для процесса газовой сварки?
14. Каковы области применения газовой сварки?
16. Почему производительность процесса при газовой сварке хуже, чем у дуговой сварки?

Лабораторная работа №7

КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

7.1. Цель работы

Ознакомиться с физическими основами процессов кислородной резки металлов. Изучить оборудование для кислородной резки металлов; получить представление об основных параметрах процесса кислородной резки, принципах их выбора; произвести резку экспериментальных образцов из малоуглеродистых сталей, оценить размеры отклонений, характеризующих качество резки.

7.2. Теоретические сведения

Кислородной резкой называют способ разделения металла, основанный на использовании газового пламени для нагрева металла до температуры горения и последующей экзотермической реакции окисления металла в струе кислорода. При этом для удаления оксидов используется кинетическая энергия струи режущего кислорода.

По характеру образуемых резов кислородную резку можно разделить на разделительную (образующую сквозные разрезы, отделяющие одну часть металла от другой). Поверхностную (удаляющую некоторый поверхностный слой металла в виде канавок или слой некоторой глубины).

В качестве горючих газов при кислородной резке используется ацетилен и газы заменители (пропан-бутановую смесь, водород, пары бензина, керосина).

Схема процесса разделительной кислородной резки представлена на рис. 7.1.

Резку начинают с подогрева верхней кромки металла подогревающим пламенем до температуры воспламенения металла в кислороде, которая в зависимости от химического состава стали составляет 1050-1200 °С. При достижении температуры воспламенения на верхней кромке металла на нее из режущего сопла подается струя кислорода, при этом сталь начинает гореть в струе кислорода с об-

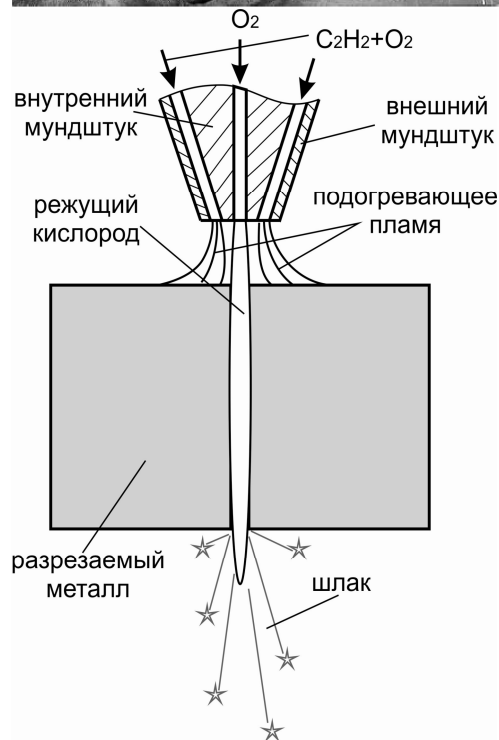


Рис. 7.1. Общий вид и схема процесса кислородной резки

разованием оксидов и выделением значительного количества теплоты, обеспечивающей разогрев стали у верхней кромки до температуры плавления.

Образовавшийся на верхней кромке расплав жидких оксидов (шлак) перемещается по боковой кромке реза струей кислорода и осуществляет нагрев нижних слоев металла, которые последовательно окисляются до тех пор, пока весь металл не будет прорезан на всю глубину.

Устойчивый процесс кислородной резки обеспечивается при соблюдении следующих основных условий:

1. Температура воспламенения металла в кислороде должна быть ниже температуры его плавления. В противном случае для поддержания процесса резки требуется введение большого количества тепла для компенсации скрытой теплоты плавления.

2. Температура плавления оксидов металла, образующихся при резке, должна быть ниже температуры плавления самого металла.

3. Количество тепла, которое выделяется при сгорании металла в кислороде, должно быть достаточно большим, чтобы поддержать непрерывность процесса резки.

4. Образующиеся при резке шлаки должны быть жидкотекучими и легко выдуваться из места реза струей режущего кислорода.

5. Теплопроводность металлов и сплавов не должна быть слишком высокой, иначе процесс резки может прерваться из-за интенсивного теплообмена.

Из металлов, применяемых в промышленности, названным условиям лучше всего удовлетворяет сталь с содержанием углерода до 0,6 %. Большая теплопроводность меди не обеспечивает условий для нагрева до температуры реакции сгорания металла, что затрудняет начальный этап резки. Стали с большим содержанием хрома, марганца и никеля, а также алюминий образуют тугоплавкую пленку оксидов, которая препятствует контакту металла с кислородом. Чугун кислородной резкой не обрабатывается, потому что температура плавления чугуна ниже температуры плавления образующихся оксидов, поэтому металл удаляется из зоны реза без окисления. Кроме того, образующиеся при нагреве оксиды имеют низкую жидкотекучесть и с трудом удаляются струей кислорода. В этом случае в зону реза подается флюс – порошок железа с добавками. Такой процесс получил название кислородно–флюсовой резки.

Кислородная резка осуществляется обычно с помощью резаков инжекторного типа. На рис. 7.2 приведена конструкция универсального инжекторного резака для ручной разделительной резки металлов. Резак состоит из корпуса (9), в который впаяны две трубки со штуцерами для подвода кислорода и горючего газа. На трубки надета рукоятка (6). К корпусу (9) с помощью накладных гаек крепится сменный наконечник, состоящий из двух трубок (4, 13) для подачи в зону реза кислорода (4), горючей смеси (13), головки (3) с внутренним (2)

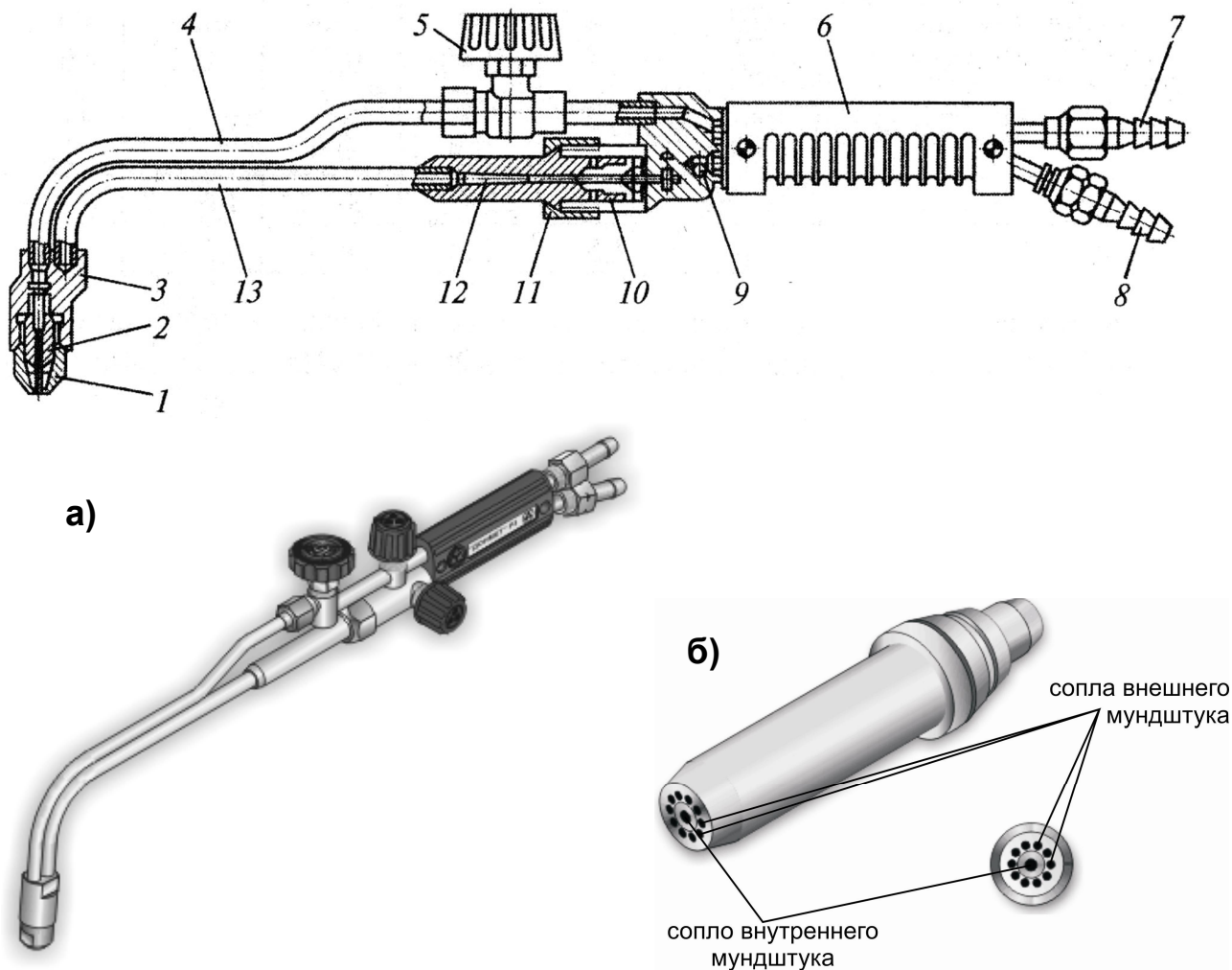


Рис. 7.2. Схема и общий вид кислородного резака - а и многосоплового мундштука - б

и внешним (1) мундштуками.

В корпусе (9) поток кислорода разветвляется. Одна его часть поступает через вентиль (5), трубку (4) и сопло внутреннего мундштука (1) головки (3) в зону реза. Другая проходит через центральное отверстие инжектора (11) и образует в смесительной камере (12) смесь с горючим газом. Эта смесь транспортируется через трубку (13) и сопла внешнего мундштука (1) в атмосферу, где сжигается, создавая подогревающее пламя.

Резаки снабжаются сменными мундштуками (рис. 7.2,б), обеспечивающими различную мощность подогревающего пламени и расход режущего кислорода. Выбирают их в зависимости от толщины разрезаемого металла и различают по номерам (табл. 7.1) в порядке возрастания мощности пламени.

К параметрам режима кислородной резки относятся: мощность подогреваемого пламени, давление (расход) режущего кислорода и скорость резки.

Мощность пламени характеризуется расходом горючего газа в единицу времени и зависит от толщины разрезаемого металла.

Таблица 7.1

Параметры режима кислородной резки

Показатели	Толщина разрезаемой стали, мм					
	3-5	5-25	25-50	50-100	100-200	200-300
Номер наружного мундштука	1	1	1	2	2	2
Номер внутреннего мундштука	1	2	3	4	5	5
Давление режущего кислорода, МПа	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Давление горючего газа МПа, не менее	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Расход кислорода, м ³ /ч	3,0	6,0	10,0	15,0	26,0	40,0
Расход горячего газа, м ³ /ч	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

При резке нужно поддерживать постоянное расстояние между мундштуком и поверхностью разрезаемого металла. Оно влияет на качество реза и зависит от толщины разрезаемого металла.

Ручной кислородной резкой обрабатывают листы толщиной от 3 до 300 мм. Качество резки определяется ее точностью, формой реза, шероховатостью поверхности кромок и наличием грата (шлака) на нижней кромке реза.

Форма реза определяется соотношением ширины реза с верхней $Ш_в$ и нижней $Ш_н$ стороны (рис. 7.3). Лучше всего, если $Ш_в = Ш_н$, однако, на практике $Ш_н = (1,1 \dots 1,5) Ш_в$. В результате разницы этих величин возникает неперпендикулярность f кромки реза к поверхности листов. Причиной этого – распределение струи кислорода и искажение формы пламени в результате засорения или износа сопел мундштука. Это служит также причиной криволинейности бороздок.

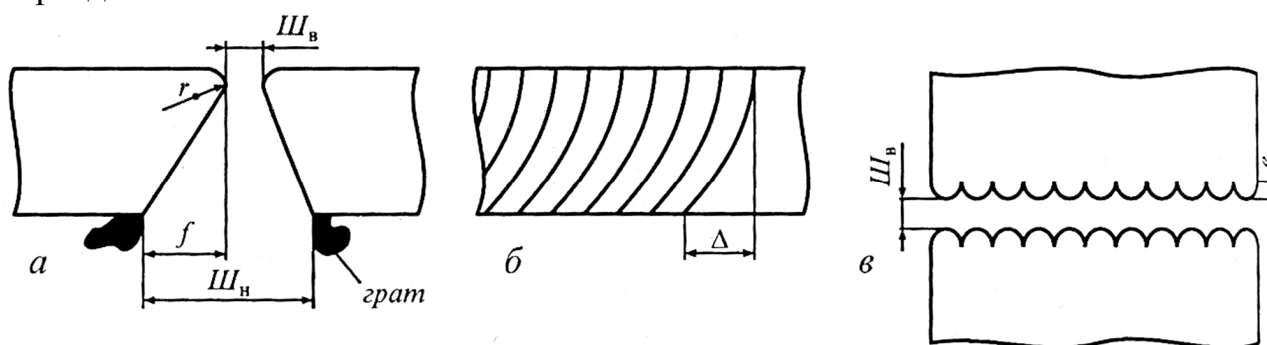


Рис. 7.3. Параметры реза:

а – поперечное сечение реза; б – поверхность кромки внутри реза; в – вид реза сверху; $Ш_в$ – ширина реза вверху; $Ш_н$ – то же, внизу; f – неперпендикулярность реза; r – радиус оплавления верхней кромки; Δ – отставание; е – глубина бороздок

Глубина бороздок «e» - показатель шероховатости реза. Она также зависит от давления и чистоты кислорода, а также от скорости резки.

Дефект «**оплавление кромок**», образующее их закругление радиусом «г» прямо зависит от мощности подогревающего пламени и уменьшается с увеличением скорости резки.

При большой ширине нижней стороны реза на кромках образуется **грат** – прилипший к кромкам шлак, который приходится очищать после резки.

Показатели точности и качества реза (ГОСТ 14792-80), выполняемого кислородной резкой из листов углеродистой стали обыкновенного качества толщиной от 5 до 100 мм, представлены в табл. 7.2. Ширина реза в зависимости от толщины металла, представлена в табл. 7.3.

Таблица 7.2

Показатели качества поверхности реза при кислородной резке

Показатель	Класс качества	Норма при толщине разрезаемого металла, мм			
		5-12	13-30	31-60	61-100
Отклонение от перпендикулярности	1	0,2	0,3	0,4	0,5
	2	0,5	0,7	1,0	1,5
	3	1,0	1,5	2,0	2,5
Шероховатость	1	0,05	0,06	0,07	0,085
	2	0,08	0,16	0,25	0,5
	3	0,16	0,25	0,5	1,0

Таблица 7.3

Средняя ширина реза при кислородной резке стали

Толщина металла, мм	Ширина реза при резке, мм	
	механизированной	ручной
5-25	2,5-3,5	3-4
25-50	3,0-4,0	4-5
50-100	4,0-5,0	5-6
100-200	5,0-6,5	6-8
250-300	6,5-8,0	8-10

7.3. Техника безопасности при газовой сварке и кислородной резке

Все углеводороды являются взрывопожароопасными газами. При использовании кислорода резко увеличивается вероятность самопроизвольного взрыва.

Причиной взрыва может быть явление обратного удара, когда скорость горения газа становится выше скорости его истечения, вследствие чего пламя может распространиться в шланги, и даже баллоны. Это может произойти из-за падения давления в баллоне с кислородом ниже пределов рабочего давления, на которые установлен редуктор. При этом может происходить перетекание горючего газа в баллон с кислородом, с образованием там взрывоопасной смеси. По-

этому категорически запрещается работа с кислородным баллоном, давление кислорода в котором ниже предела рабочего давления, установленного редуктором данного баллона. Также причиной обратного удара может стать неисправная горелка, износившиеся или засорившиеся сопла. В целях безопасности необходимо на кислородный и газовый шланг ставить обратные клапаны, которые препятствуют распространению пламени внутри шлангов при нарушении правил эксплуатации.

Другой причиной взрыва может стать контакт кислорода из баллона с маслом, который сопровождается реакцией окисления и взрывом. Поэтому лица, соприкасающиеся с кислородными баллонами, должны работать в чистой одежде, на руках и инструменте не должно быть следов масел и жиров.

Кислородный баллон с газом – сосуд высокого давления (до 15 МПа). В связи с этим во избежание взрыва нельзя допускать динамических ударов и его нагрева во время транспортировки, хранения и использования.

7.4. Оборудование, приборы и материалы

Пост газовой резки, оборудованный газовыми баллонами, понижающими газовыми редукторами, шлангами, резаками; макет и стенд по газовой резке; пластины из углеродистой стали; линейка; штангенциркуль.

7.5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с сущностью процесса резки, оборудованием, основными параметрами режима и принципами их выбора по настоящим методическим указаниям;
2. Получить пластины для резки, измерить их толщину.
3. По толщине пластины подобрать параметры режима газовой резки: расход горючего газа, кислорода, номер наружного и внутреннего мундштуков, давление горючего газа и кислорода.
4. Произвести резку образца.
5. Измерить ширину реза.
6. Определить отклонение от вертикальности.
7. Определить шероховатость (высоту выступов).
8. Измерить радиус оплавления верхней кромки.
9. Результаты экспериментов занести в протокол, форма которого представлена в табл. 7.4.

Форма записи экспериментальных данных

Марка металла	Толщина разрезаемого металла, мм	Параметры режима резки									
		Номер внешнего мундштука	Номер внутреннего мундштука	Давление ацетилена, МПа	Давление кислорода, МПа	Расход C_2H_2 , м ³ /ч	Расход O_2 , м ³ /ч	Отклонение от вертикали, мм	Ширина реза, мм	Высота выступа, мм	Радиус оплавления верхней кромки, мм

7.6. Содержание отчета

1. Название, цель работы.
2. Краткое теоретическое описание физической сущности процессов при газовой резке, иллюстрированное схемами газовой резки (см. рис. 7.1).
3. Описание и схема устройства ручного резака (см. рис. 7.2).
4. Описание основных условий резки металлов.
5. Табл. 7.2, характеризующая показатели качества реза;
6. Результаты измерений параметров режима резки (табл. 7.4);
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Расскажите классификацию способов резки металлов?
2. Как подобрать параметры резки металлов?
3. Какие условия необходимы для резки металлов?
4. Почему невозможна кислородная резка высоколегированных сталей и цветных металлов?
5. В чем заключается физическая сущность кислородной резки металлов?
6. Что является источником теплоты при кислородной резке металлов?
7. Какие резаки применяются для ручной резки металла?
8. Объясните принцип действия ручного кислородного резака.
9. Какие горючие газы используются при кислородной резке металлов?

Лабораторная работа №8
**СВАРКА НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ТРУБОПРОВОДОВ
ИЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

8.1. Цель работы

Ознакомление с физическими основами сварки нагретым инструментом (НИ) трубопроводов из термопластичных полимеров. Ознакомление с оборудованием и технологией раструбной сварки. Приобретение первичных практических навыков раструбной сварки полимерных трубопроводов.

8.2. Краткие теоретические сведения

Термопластичные полимерные материалы (полиэтилен, полипропилен, полибутен и др.) нашли широкое применение в технике. Неразъемные соединения труб из этих материалов получают, в основном, методами относящихся к классу сварки давлением, для которых характерна термомеханическая активация соединяемых поверхностей. Это обусловлено особенностью изменения физического состояния термопластов в зависимости от температуры и переходу их при нагреве в вязкотекучее состояние (Рис.8.1).

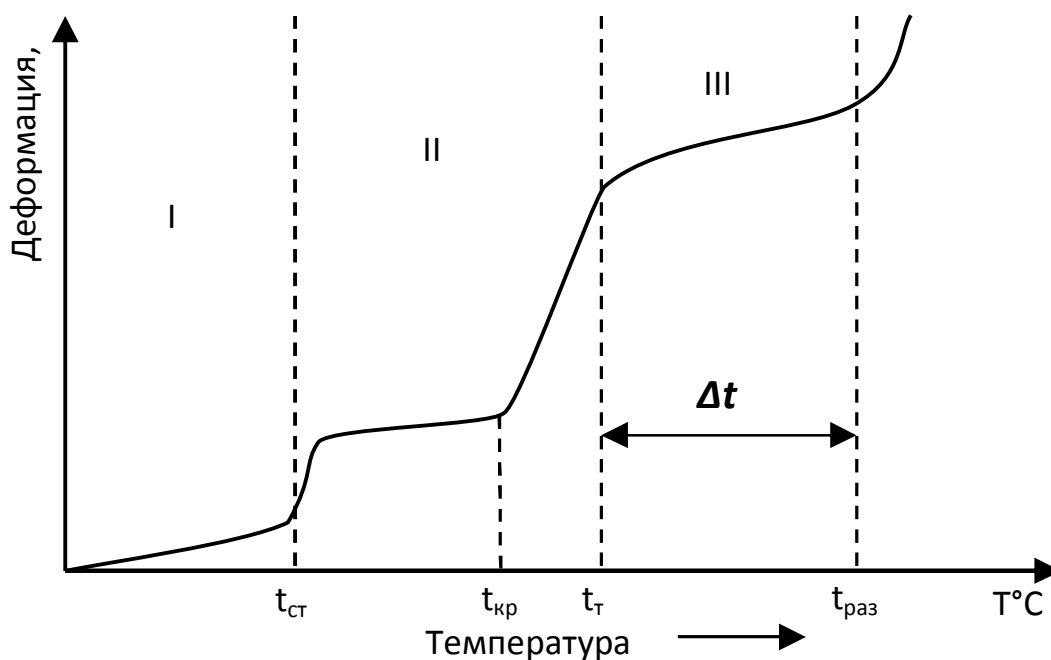


Рис. 8.1. Термомеханическая кривая аморфно-кристаллического полимерного материала:

E – степень деформации, T – температура, $t_{ст}$ – температура стеклования
 $t_{кр}$ – температура кристаллизации, t_t – температура текучести, $t_{раз}$ – температура разложения,
 Δt – температурный диапазон вязкотекучего состояния,
I, II, III – зоны соответственно стеклообразного, высокоэластичного и вязкотекучего состояний

В вязкотекучем состоянии имеет место остаточная (необратимая) деформация. При этом происходит необратимое перемещение макромолекул относительно друг друга, обусловленное их высокой подвижностью в этом состоянии. Вязкотекучее (условно жидкое состояние) наблюдается у линейных и разветвленных полимеров.

Переработка полимеров в изделия (в том числе сварка) осуществляется, в основном, в вязкотекучем состоянии.

Процесс сварки нагретым инструментом осуществляется за счет подогрева свариваемых поверхностей до вязкотекучего состояния и их совместного пластического деформирования – сдавливания путем приложения усилия извне.

Механизм образования сварного соединения является многоступенчатым, включающим в себя три стадии.

На первой стадии осуществляется активация (нагрев) свариваемых поверхностей для повышения энергии теплового движения макромолекул, которая реализуется в результате фазового перехода материала из твердого в вязкотекучее состояние. Но в этом состоянии образование соединения невозможно, так как на свариваемых поверхностях сохраняется экранирующая прослойка. Для реализации межмолекулярного взаимодействия экранирующую прослойку необходимо удалить, вытеснив ее из зоны соединения. Вытеснение прослойки происходит **на второй стадии** за счет сдавливания свариваемых заготовок путем приложением к ним внешнего избыточного давления. При этом в зоне соединения возникают пластические деформации течения материала и частичное его вытеснение из зоны сварки. За счет сдвиговых деформаций принудительно разрушаются находящиеся в плоскости соединения экранирующие дефектные слои, которые вместе с частью выходящего из зоны контакта вязкотекучего материала вытесняются за пределы сварного соединения, образуя грат в форме валика. После вытеснения из зоны сварки экранирующих прослоек течение активированного материала приводит к исчезновению физической границы раздела и установлению сил межмолекулярного взаимодействия за счет следующих явлений:

- переориентации макромолекулярных цепей в зоне соединения и занятия ими преимущественно взаимно параллельного (фронтального) расположения относительно друг друга на расстояние, при котором возможно установление сил межмолекулярного взаимодействия;
- становления и стабилизация сил межмолекулярного взаимодействия между макромолекулярными цепями после снятия нагрузки и прекращения течения материала.

На третьей стадии происходит отверждение материала в зоне сварки и формирование новых надмолекулярных структурных образований.

После затвердевания в процессе охлаждения в сварном шве в твердом состоянии могут происходить полиморфные превращения, сопровождающиеся перекристаллизацией и структурными изменениями в нем.

Основными параметрами режима сварки полимеров давлением в вязкотекучем состоянии являются: температура нагрева и время нагрева деталей, величина давления и время его действия. Для сварки полимеров давлением в вязкотекучем состоянии важен температурный диапазон вязкотекучего состояния (Δt). Нижней границей диапазона является температура текучести термопласта (t_T), верхней – температура его разложения ($t_{раз}$). В этом температурном интервале определяются режимы сварки полимеров. Чем шире температурный диапазон вязкотекучего состояния, тем легче выбрать оптимальные режимы сварки.

Для сварки трубопроводов из полимерных материалов, в основном применяют, следующие виды сварки:

- стыковая сварка нагретым инструментом;
- сварка деталями с закладными нагревателями
- стыковая сварка нагретым инструментом в раструб.

Сварка нагретым инструментом встык заключается в нагревании свариваемых торцев труб или деталей до вязкотекучего состояния полимера при непосредственном контакте с нагретым инструментом и последующим соединением торцев под давлением осадки после удаления из зоны сварки нагретого инструмента

Технологический процесс происходит в следующей последовательности (Рис.8.2):

- закрепление концов труб в зажимах сварочной машины;
- механическая обработка концов труб с помощью торцевателя;
- проверка соосности и точности совпадения торцов труб по величине зазора между ними;
- оплавление и нагрев свариваемых поверхностей нагретым инструментом;
- удаление нагретого инструмента из зоны сварки;
- осадка стыка до образования сварного соединения.

Основные параметры режима процесса сварки встык нагретым инструментом:

- температура нагретого инструмента;
- продолжительность нагрева и оплавления торцев;
- давление нагретого инструмента на торцы при нагреве и оплавлении;
- продолжительность технологической паузы (время от момента удаления инструмента до начала приложения давления).
- давление на торцы при осадке;

время охлаждения сваренного стыка под давлением осадки.

Стыковая сварка нагретым инструментом широко применяется для соединения труб и деталей трубопроводов с толщиной стенки по торцам более 5мм

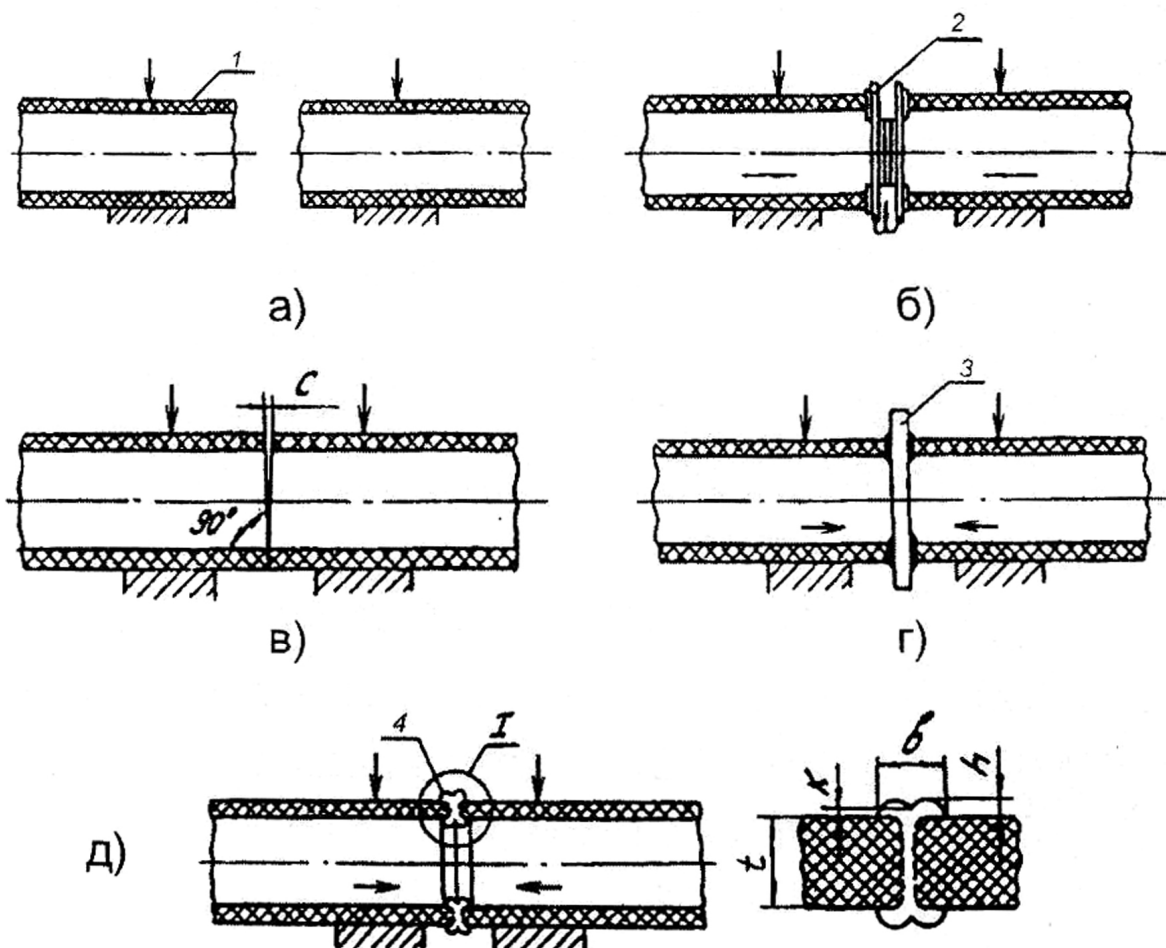


Рис.8.2. Последовательность процесса сборки и сварки встык:

а – центровка и закрепление в зажимах сварочной машины концов свариваемых труб;

б – механическая обработка торцов труб с помощью торцевателя;

в – проверка соосности и точности совпадения торцов по величине зазора (величина зазора нормируется в зависимости от диаметра труб); г – нагрев и оплавление свариваемых поверх-

ностей нагретым инструментом; д – осадка стыка до образования сварного соединения; 1 – труба; 2 – торцеватель; 3 – нагретый инструмент; 4 – грат, образованный в результате оплавления торцов труб (размеры грата «б» и «в» нормируются в зависимости от диаметра труб)

Сварка при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями (ЗН) заключается в оплавлении полимера на соединяемых поверхностях деталей (муфт, угловых отводов, тройников, седловых отводов, переходов и т. д.) и труб за счет тепла, выделяемого при протекании электрического тока по заложенной в деталь электрической спирали и образования соединения при последующем естественном охлаждении

Процесс происходит в следующей последовательности (Рис. 8.3):

подготовка концов труб (разметка под деталь с ЗН(механическая обработка и обезжиривание поверхностей труб);

сборка стыка(установка и закрепление концов труб в зажимах центрующего приспособления с одновременной посадкой детали с ЗН);

подключение детали с ЗН к сварочному аппарату (ввод информации – задание режима сварки) ;
 запуск процесса сварки (нагрев);
 охлаждение соединения;
 удаление центрирующего приспособления.

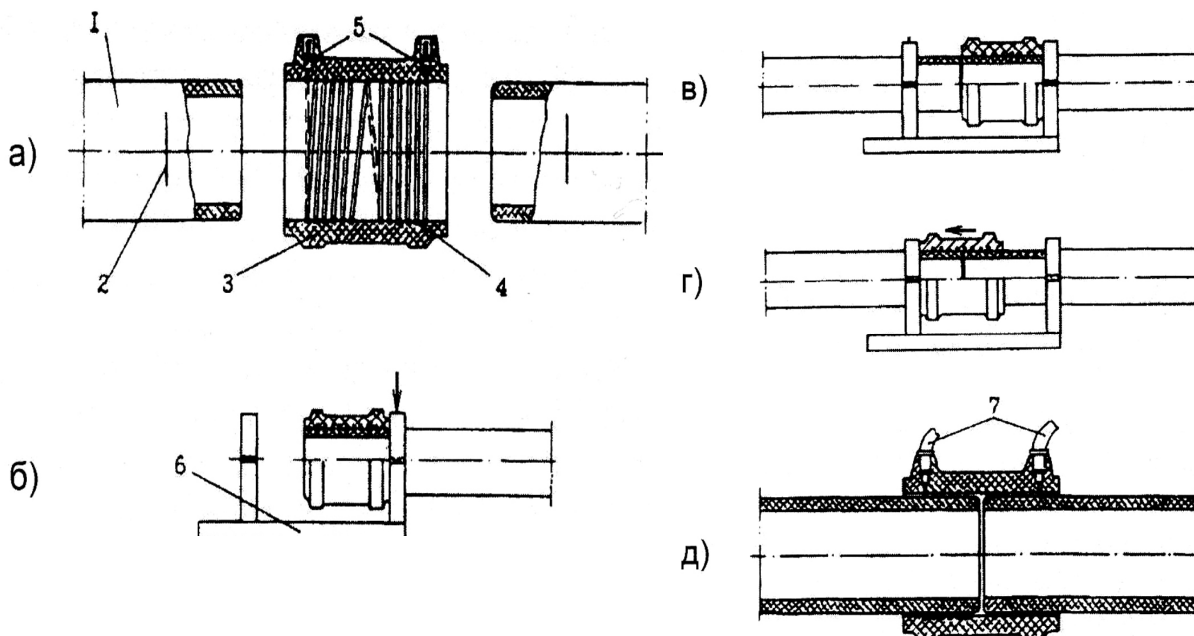


Рис. 8.3 . Последовательность соединения труб муфтой с закладным нагревателем:

а – подготовка соединяемых элементов;

б, в, г – этапы сборки стыка;

д – собранный под сварку стык;

1 – труба; 2 – метка посадки муфты и механической обработки поверхности трубы; 3 – муфта; 4 – закладной нагреватель (электрическая спираль); 5 – клеммы токопровода; 6 – приспособление для сборки; 7 – токоподводящие кабели сварочного аппарата.

Последовательность этапов формирования шва при сварке труб деталями с ЗН приведена на рис.8.4.

Данный способ широко применяется для соединения трубопроводов любых длин и диаметров.

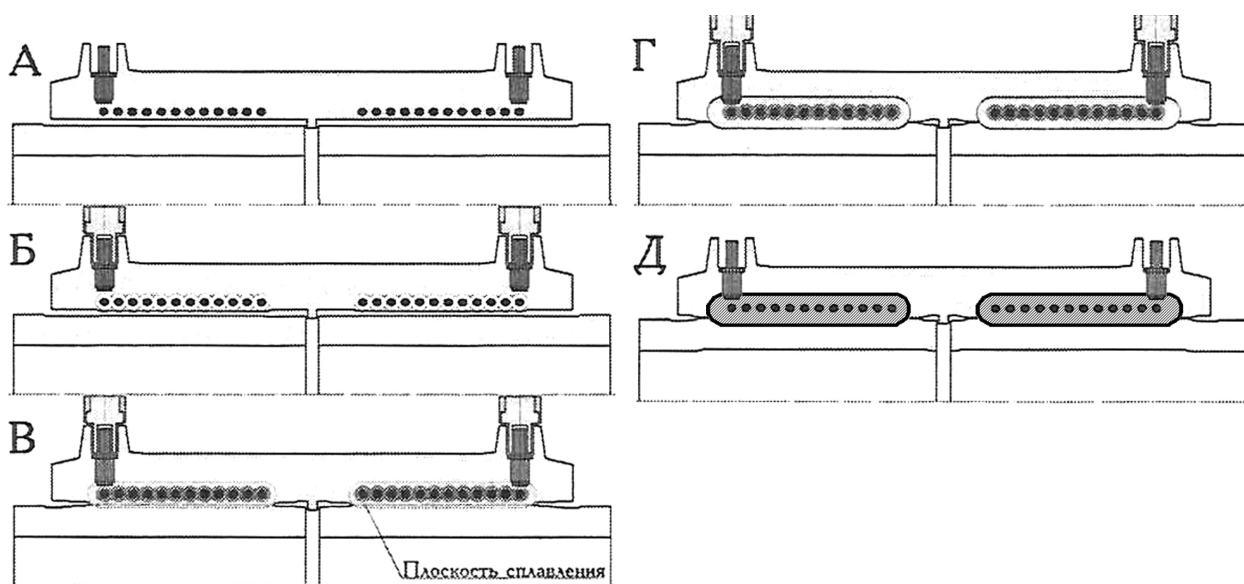


Рис. 8.4. Последовательность этапов формирования шва при сварке труб деталями с ЗН:

- А – сборка соединения;
 Б – начало нагрева спирали закладного нагревателя и теплового расширения детали;
 В – ликвидация зазоров и начало прогрева трубы;
 Г – расплавление и слияние расплавов детали и трубы;
 Д – охлаждение и затвердевание расплава (формирования шва) сварного соединения

Настоящей работой предусмотрено более детальное изучение оборудования и технологии раструбной сварки труб из полипропилена.

Раструбная сварка основана на одновременном оплавлении при помощи нагревательного инструмента внутренней поверхности раструба трубы или соединительной детали и наружной поверхности конца присоединяемой трубы; совместного пластического деформирования оплавленных слоев путем быстрого надвигания конца трубы в раструб и формирования сварного шва при затвердевании в процессе охлаждения зоны оплавления.

Технологический процесс сварки происходит в следующей последовательности (рис. 8.5):

- подготовка концов соединяемых заготовок (калибровка под размер нагретого инструмента);
- нанесение метки или установка ограничительного хомута на расстоянии от торца трубы, равном глубине раструба плюс 2 мм;
- введение конца трубы в отверстие гильзовой части нагревательного элемента и надвигка раструбной части соединительной детали на дорн нагревательного элемента;
- нагрев и оплавление свариваемых поверхностей соединяемых элементов нагревательным инструментом;

- удаление (снятие) свариваемых деталей с оплавленными поверхностями с нагревательного инструмента;
- введение оплавленной части трубы в оплавленную зону раструба соединительной детали (совместное пластическое деформирование и перемешивание оплавленных зон соединяемых заготовок);
- охлаждение соединяемых заготовок, затвердевание зоны оплавления с образованием сварного шва.

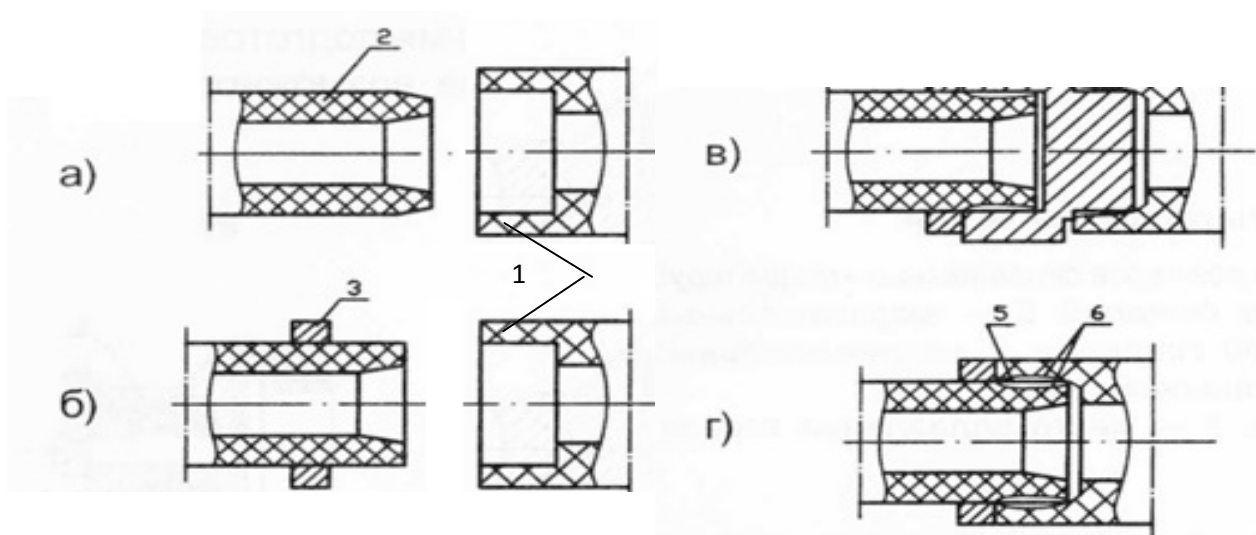


Рис8.5 Последовательность технологического процесса раструбной сварки:

а - калибровка; б - подготовка к сварке; в - оплавление трубы и детали на нагретом инструменте; г - сварное соединение;
 1 - раструбный конец (трубы или детали); 2 - труба; 3 - ограничительный хомут; 4 - нагретый инструмент, 5 - оплавленная зона детали; 6 - сварной шов.

Основные параметры режима раструбной сварки: температура нагрева соединяемых деталей °С, время нагрева деталей, время соединения (совместного пластического деформирования), период охлаждения (все в сек).

В зависимости от материала труб, для обеспечения надежного оплавления поверхностей температура нагревательного инструмента меняется в пределах 260—300 °С

Стыковая сварка нагретым инструментом в раструб применяется преимущественно при монтаже труб малых диаметров (до 32 мм, реже до 140 мм) из полипропилена в системах водоснабжения и теплоснабжения.

8.3. Оборудование, материалы и заготовки

Сварочный аппарат с плоским нагревателем и набором оплавляющих насадок приведены на рис.8.6, полипропиленовые сварочные заготовки (муфты и отрезки труб) приведены на рис.8.7.



Рис. 8.6 Сварочный аппарат с плоским нагревателем и набором оплавливающих насадок



Рис.8.7 Полипропиленовые сварочные заготовки

8.4. Порядок выполнения работы

1. Получить инструкцию по эксплуатации сварочного аппарата и заготовки для сварки
1. Измерить внутренний диаметр муфты и наружный диаметр присоединяемой трубы.
2. Изучить устройство и порядок работы сварочного аппарата.
3. Подобрать оплавливающие насадки, соответствующие размерам свариваемых заготовок и установить их на сварочный аппарат.
4. Подобрать режимы сварки согласно размерам свариваемых заготовок в соответствии с рекомендациями инструкции по эксплуатации сварочного аппарата Подключить к сети и подготовить аппарат к сварке.
6. Выполнить сварку заготовок.
7. Настроить разрывную машину Р-05 и произвести испытание на растяжение трубных сварных соединений.
8. Зафиксировать характер и зону разрушения в сварном соединении.
9. Режимы сварки и результаты испытаний занести в табл. 8.1.
10. Составить письменный отчет.

Таблица 8.1

Результаты экспериментов

Вид соединения	Соединяемые детали и их размеры		Температура нагрева, °С	Время нагрева, с	Время соединения, с	Период охлаждения, с	Характер разрушения
	Труба, dнар, мм	Муфта, dвн, мм					

8.5. Содержание отчета.

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание сущности всех способов сварки нагретым инструментом.
3. Таблица с результатами экспериментов.
4. Выводы по работе.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие физические состояния характерны для термопластичных полимеров в зависимости от температуры и степени деформации ?

2. В каком физическом состоянии возможна сварка нагретым инструментом полимеров?
3. Какой вид активации (термическая, термомеханическая, механическая) реализуется при сварке полимеров нагретым электродом?
4. Какие этапы (стадии) характерны для механизма образования сварного соединения при сварке полимерных материалов нагретым инструментом?
5. Назовите разновидности процесса сварки полимеров нагретым инструментом?
6. В чем состоит сущность процесса сварки встык нагретым инструментом.?
7. Назовите основные параметры режима сварки встык нагретым инструментом полимеров.
8. В чем состоит сущность процесса сварки накладными нагревателями трубопроводов из полимерных материалов?
9. В чем состоит сущность раструбной сварки полимерных трубопроводов.?
Основные параметры режима раструбной сварки?

Лабораторная работа №9
**СТРОЕНИЕ, СТРУКТУРА, СВОЙСТВА И ДЕФЕКТЫ
СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

9.1. Цель работы

Изучить типичные структуры и свойства сварных соединений, полученных дуговой и контактной (точечной и стыковой) сваркой; познакомиться с дефектами сварных швов и соединений и способами их устранения.

9.2. Теоретические сведения

Сварка позволяет создавать рациональные конструкции из металлов и сплавов любой толщины, а также из металлов и неметаллов (керамики, графита, стекла и т.д.).

Эксплуатационная надежность и работоспособность сварных конструкций определяется качеством сварных соединений. Качество, в свою очередь, зависит от структуры и свойств различных участков и наличия в ней дефектов.

На рис. 9.1 представлена схема сварного соединения, выполненного дуговой электрической сваркой, которое характеризуется наличием трех зон: шва, сплавления и термического влияния, их иногда называют околошовной зоной.

Металл шва – это участок, образовавшийся в результате кристаллизации металла сварочной ванны. Он имеет типичную литую структуру: столбчатые кристаллы вырастают из расплавленного металла от поверхностей частично оплавленных зерен и направлены в глубь шва. Эта структура, образующаяся при кристаллизации, называется первичной в отличие от вторичной структуры, образующейся при превращениях в твердом состоянии. Вторичная структура низ-

коуглеродистых сталей представляет собой перлит, окаймленный ферритной сеткой.

Зона неполного расплавления содержит частично оплавившиеся зерна на границе основного металла и шва. Во время сварки она находилась в температурном интервале «ликвидус – солидус». Так как зерна подвергались частичному оплавлению, имеющаяся первичная структура характеризуется химической неоднородностью между центральными и периферийными частями кристаллов, между частично оплавленными кристаллами и литым металлом. Вторичная структура – крупные зерна перегретого металла. Протяженность этого участка – 0,1 – 0,5 мм.

Зона перегрева при сварке нагревалась до подсолидусных температур. При сильном перегреве в ней образуется крупнозернистая структура, характеризующаяся низкой пластичностью. Поэтому участок перегрева стараются уменьшить, регулируя параметры сварки: увеличивают скорость сварки, уменьшают погонную энергию дуги, для чего шов выполняют за несколько проходов.

Зона перекристаллизации кратковременно нагревается до температур выше A_{c3} . Происходит фазовая перекристаллизация, приводящая к измельчению зерна. Это повышает механические свойства. Ширина участка обычно от 0,2 до 4-5 мм.

Зона неполной перекристаллизации находится за участком перекристаллизации и при сварке нагревается до температур между A_{c3} и A_{c1} . При этом фазовую перекристаллизацию проходят не все структурные составляющие: перлит превращается в аустенит, а феррит обычно сохраняет свое первоначальное строение. Поэтому здесь измельченные зерна сочетаются с зернами исходного металла. Ширина этого участка от 0,1 до 5 мм.

Зона старения и рекристаллизации появляется только при сварке наклепанной стали или сплава. При нагреве до температур выше 500 °С деформированные зерна основного металла изменяются и укрупняются. Обычно ширина этого участка 0,1-1,5 мм. Прочность на этом участке ниже, чем у основного металла в нагартованном или закаленном состоянии.

В случае точечной сварки шов имеет вид литого ядра неравномерного состава: в центре ядра скапливаются легкоплавкие составляющие повышенной хрупкости. В структуре зоны термического влияния те же участки, что и при дуговой сварке.

При стыковой сварке в зоне соединения 2-х деталей практически отсутствует литая структура. Соединение образуется в твердой фазе при совместном деформировании разогретых заготовок.

В зоне соединения происходит рекристаллизация с образованием общих зёрен. Зона термического влияния состоит из тех же участков, что и в случае дуговой сварки.

Структурная неоднородность и различие в механических свойствах могут быть уменьшены путём термической обработки сварных соединений.

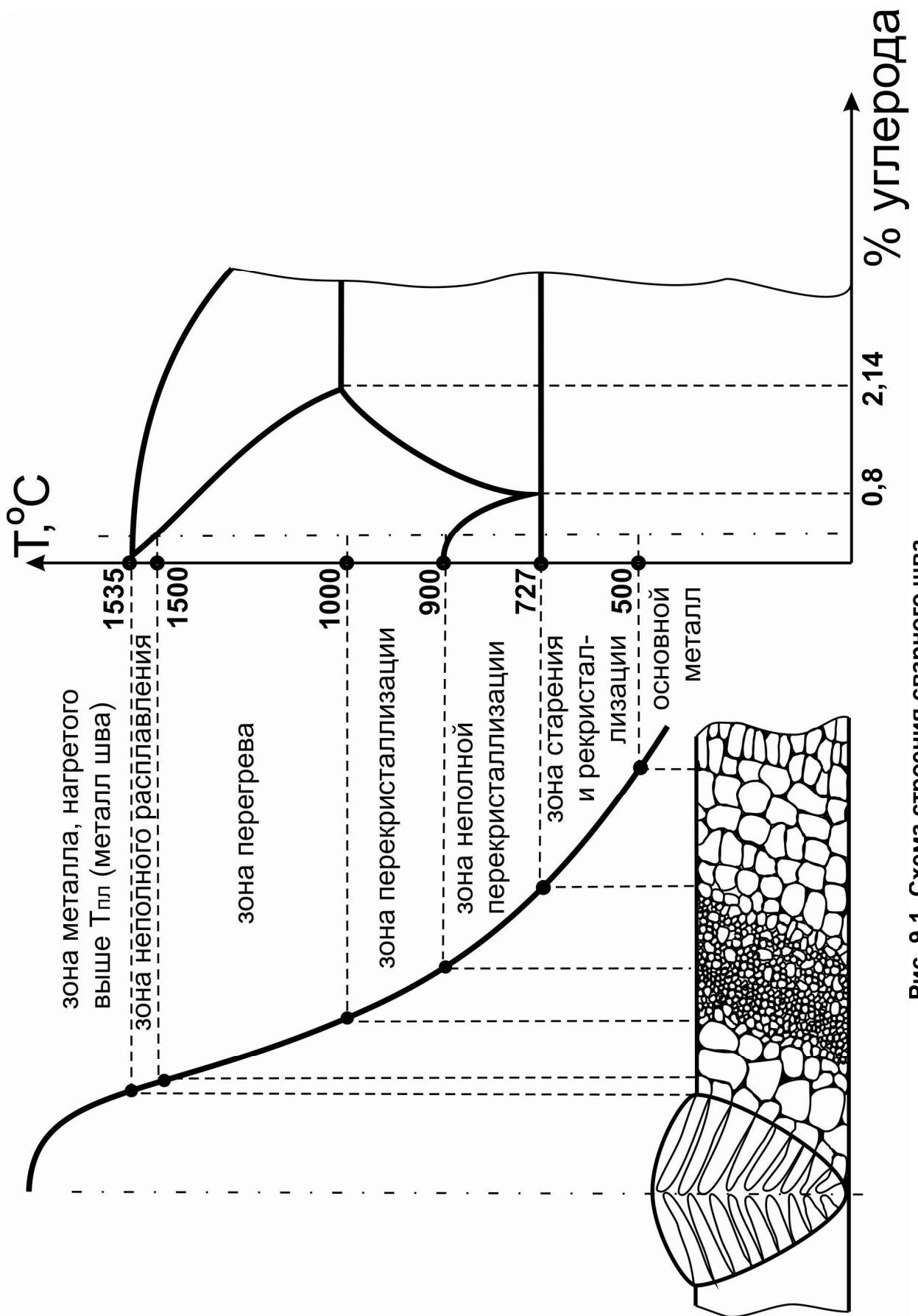


Рис. 9.1. Схема строения сварного шва

На уровень свойств и технические характеристики сварных соединений большое влияние оказывают и дефекты, нарушающие прочность и герметичность изделий. Дефектами называют отклонения выполненных сварных швов от соответствия их техническим нормам и требованиям. К ним относятся: дефекты формы и размеров сварных швов, наружные и внутренние макроскопические дефекты, дефекты микроструктуры.

К дефектам формы и размеров шва относятся неравномерность ширины и высоты усиления шва, неполномерность шва, бугристость, седловины и т.д. Их выявляют внешним осмотром и обмером швов. Недостаточное сечение шва снижает его прочность, а при чрезмерно большом – увеличиваются внутренние напряжения и деформации.

К макроскопическим наружным и внутренним дефектам относятся: наплывы, чешуйчатость, подрезы, прожоги, трещины, непровары, шлаковые включения, поры.

Наплывы появляются при стекании наплавленного металла на кромки непрогретого основного металла вследствие большой силы сварочного тока, длиной дуги, неправильного наклона электрода. Удаляют их абразивным кругом или пневматическим зубилом.

Чешуйчатость поверхности шва образуется при сварке некачественными электродами, неравномерном перемещении электрода, горелки или присадочной проволоки. Устраняется удалением поверхностного слоя шва с последующей наплавкой до установленного размера.

Подрезы — углубления вдоль шва на основном металле из-за избытка подводимой теплоты, неправильного положения электрода или горелки, неравномерной подачи присадочного металла. Подрезы заваривают тонкими валиковыми швами.

Пржоги — сквозное проплавление основного или наплавленного металла вследствие большого зазора между свариваемыми кромками, недостаточного притупления кромок, чрезмерно большой силы сварочного тока при небольшой толщине заготовок. Выявляют их внешним осмотром.

Трещины возникают в шве и околошовной зоне вследствие больших усадочных и структурных напряжений в металле из-за неравномерного его нагрева, охлаждения и усадки, повышенного содержания серы, фосфора, углерода, водорода, чрезмерно жесткого крепления свариваемых заготовок. Наружные трещины выявляются внешним осмотром, после чего их засверливают по концам, проводят разделку и заваривают. Швы с внутренними трещинами вырубляют и заваривают вновь.

Непровар — местное несплавление основного металла с наплавленным и недостаточная глубина проникновения наплавленного металла в основной. Возможен из-за низких значений сварочного тока или мощности горелки, большой скорости сварки, смещения электрода или горелки к одной из кромок, малых зазора и угла скоса кромок, плохой зачистки кромок от ржавчи-

ны, окалины, загрязнений. Непровар устраняют зачисткой с последующей заваркой.

Шлаковые включения образуются из-за загрязнения основного и присадочного металлов оксидами, ржавчиной, неравномерного плавления покрытия электрода длинной дугой, недостаточном сварочном токе и чрезмерно большой скорости сварки. Они ослабляют сечение шва и снижают его прочность.

Пористость шва появляется вследствие значительного содержания газов в жидком металле, которые при быстром охлаждении не успевают выйти наружу и образуют пустоты сферической формы. При выходе пор на поверхность шва образуются свищи. Сквозные поры приводят к неплотности швов. На образование пор влияют: ржавчина, масло, загрязнения на свариваемых кромках, вредные примеси в защитном газе, влажный или отсыревший флюс и обмазка электродов, большая скорость сварки, повышенное содержание углерода в основном металле.

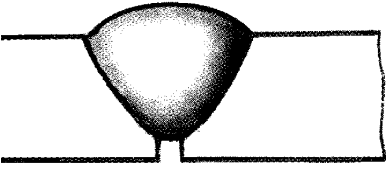
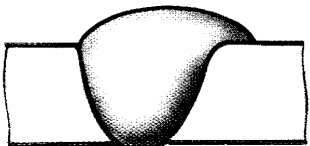
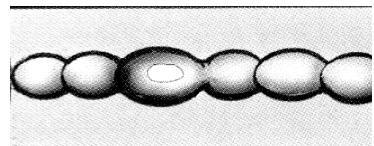
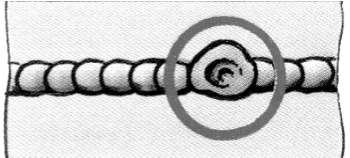
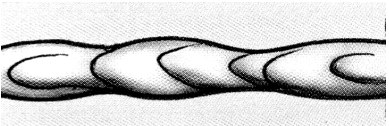
Наиболее распространённые дефекты сварных соединений и причины их появления приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Дефекты сварных соединений

Вид дефекта	Характеристика дефекта (структуры)	Причины появления дефекта
<p>Трещины</p> 	Горячие и холодные трещины	Резкое охлаждение конструкции Повышенное содержание серы, фосфора, водорода
<p>Поры</p> 	Пустоты, заполненные газом	Быстрое охлаждение шва Загрязнение кромок маслом, ржавчиной и т.п. Непросушенные электроды Высокая скорость сварки
<p>Подрезы</p> 	Местное уменьшение толщины основного металла у границы шва	Неправильный подбор параметров режима сварки
<p>Неметаллические включения</p> 	Округлые или вытянутые включения шлака, расположенные в металле шва у границы сплавления	Грязь на кромках Малый сварочный ток Большая скорость сварки

Продолжение таблицы 9.1

<p>Непровар</p> 	<p>Местное отсутствие соединения основного металла с наплавлением</p>	<p>Малый угол скоса вертикальных кромок Малый зазор между ними Загрязнение кромок Недостаточный сварочный ток Завышенная скорость сварки</p>
<p>Наплывы</p> 	<p>Натекание металла шва на поверхность основного металла без сплавления с ним</p>	<p>Неправильный подбор параметров режима сварки</p>
<p>Прожоги</p> 	<p>Полость в шве, образовавшаяся в результате вытекания сварочной ванны</p>	<p>Неправильный подбор параметров режима сварки</p>
<p>Кратеры</p> 	<p>Незаваренные углубления в конце шва, часто с усадочными раковинами, переходящими в трещины</p>	<p>Обрыв дуги Неправильное выполнение конечного участка шва</p>
<p>Неравномерная форма шва</p> 	<p>Нарушение размеров швов</p>	<p>Неправильная сборка Неустойчивый режим сварки Неточное направление электрода</p>

9.3. Оборудование и материалы

Микроскоп металлографический типа МИМ-7; твердомеры типа ТК и ТП; набор темплетов сварных соединений; набор макро- и микрошлифов (или фотографий макро- и микроструктуры сварных соединений); штангенциркуль.

9.4. Порядок выполнения работы

1. Изучить макроструктуры сварного шва на темплете из малоуглеродистой или низколегированной стали. Измерить штангенциркулем размеры шва и околошовной зоны. Результаты измерений записать в протокол осмотра.
2. Изучить дефекты, выявленные на макрошлифе, визуально или с помощью лупы (с увеличением не более 10 крат). Зарисовать схему шва с дефектами (см. табл. 9.1). Классифицировать дефекты по табл. 9.1 с записью в протоколе осмотра, указав причины их появления.
3. Измерить твёрдость по Бринелю (Роквеллу) в поперечном сечении микрошлифа в 2-х направлениях: по оси шва и вдоль линий, параллельных верхней и нижней поверхности. Методика контроля твёрдости по Бринелю должна соответствовать требованиям ГОСТ 9012-59, по Роквеллу – ГОСТ 9013-59.
4. Установить величину временного сопротивления разрыву для различных участков по полученным значениям твёрдости.
5. Изучить микроструктуру шва и околошовной зоны с помощью металлографического микроскопа при 200-400 кратном увеличении. Зарисовать схему сварного соединения, указав размеры различных участков и соответствующие температурные области на диаграмме в соответствии с рис. 9.1. Отметить дефекты, выявленные микроанализом. Размеры участков и дефектов оценить ориентировочно, зная общую ширину шва и околошовной зоны, или определить их с помощью окуляр-микроскопа.

9.5. Содержание отчёта

1. Наименование и цель работы.
2. Протокол осмотра сварных соединений с характеристикой дефектов.
3. Схема строения сварного соединения.
4. Графики зависимости твёрдости от расстояния от оси шва.
5. Выводы с заключением о качестве сварного соединения.

Протокол осмотра выполняется по следующей форме.

1. Материал –
Вид сварки (дуговая, точечная) –
Тип шва (стыковой, угловой) –

2. Результаты анализа микрошлифа
3. Результаты анализа микроструктуры
4. Механические свойства сварного соединения

Таблица 9.2

Механические свойства	Расстояние от оси шва. мм			Основной материал
	0	2	4	

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое сварной шов?
2. Что такое зона термического влияния?
3. По каким признакам различают участки околошовной зоны?
4. Какие участки околошовной зоны отличаются по свойствам от основного металла и в чём состоит это различие?
5. Какими методами контролируется качество сварного соединения?
6. Чем определяются размеры зоны термического влияния?
7. Чем отличаются горячие трещины от холодных?
8. Чем вызвана пористость при сварке?
9. Как влияет содержание водорода на склонность к образованию горячих и холодных трещин?
10. Каким образом можно уменьшить неоднородность структуры и механических свойств сварного соединения?

Заключение

В результате выполнения представленных в лабораторном практикуме работ обучающийся получает знания основных способов сварки, используемых в строительстве и машиностроении, их особенностей, достоинств и недостатков. Полученные знания дают навык определения потребности в требуемом сварочном оборудовании, потребности в количестве и марках сварочных материалов, объемах и методах операционного контроля качества. Вместе с этим, в результате выполнения лабораторных работ приобретает умение выявлять и классифицировать наружные и внутренние дефекты сварного шва с составлением соответствующего протокола. Также обучающийся получает навыки применения каждого из представленных способов сварки.

Библиографический список

1. Болдырев А. М., Григораш В.В. Сварка в строительстве: технология сварочных работ и оборудование: курс лекций, Воронеж. арх.-строит. ун-т.- Воронеж, 2009.- 114 с.
- 2 Болдырев А.М. ,Орлов А.С. Сварочные работы в строительстве и основы технологии металлов. Учебник, М., изд-во АСВ, 1994, 432 с.
- 3.Оботуров В.И. Сварочные работы в строительстве: Учебное пособие/ М. : Издательство Ассоциации строительных вузов ,2006 -224 с
4. Орлов А.С. Контроль качества сварки в строительстве: учеб. пособие / Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. - Воронеж : [б. и.], 2011 (Воронеж : Отдел оперативной полиграфии изд-ва учеб. лит. и учеб.-метод. пособий ВГАСУ, 2011). - 57 с. : ил. - ISBN 978-5-89040-343-8 : 12-79. 254 экз.
5. Шурайц А.Д. и др. Газопроводы из полимерных материалов. Пособие по проектированию,строительству и эксплуатации. Саратов: Издательство <<Журнал>> Волга-21 век, 2007 .612с.
6. Ибрагимов А.М., Парлашкевич В.С. Сварка строительных металлических конструкций: Учебное пособие.- М.: Издательство АСВ, 2012, - 176 с.
7. ГОСТ Р. ИСО 857- 1- 2009 Сварка и родственные процессы. М.: Издательство ФГУП «Стандартинформ», 2010.
8. ГОСТ 14098- 2014 Сварные соединения арматуры и закладных деталей. М.: Издательство ФГУП «Стандартинформ», 2015.
9. ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. М.: Издательство ФГУП «Стандартинформ», 2007.
10. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. Издательство ИПК «Издательство стандартов», 2001.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа №1	
Ручная дуговая сварка.....	4
Лабораторная работа №2	
Автоматическая сварка под флюсом.....	10
Лабораторная работа №3	
Механизированная сварка.....	18
Лабораторная работа №4	
Точечная контактная сварка.....	27
Лабораторная работа №5	
Ванная сварка арматуры.....	32
Лабораторная работа №6	
Газовая сварка металлов и сплавов.....	36
Лабораторная работа №7	
Кислородная резка металлов.....	46
Лабораторная работа №8	
Сварка нагретым инструментом трубопроводов из термопластичных полимеров.....	53
Лабораторная работа №9	
Строение, структура, свойства и дефекты сварных соединений.....	62
Библиографический список.....	70

Учебное издание

Орлов Александр Семенович
Николаев Анатолий Федорович
Григораш Владимир Васильевич
Померанцев Андрей Сергеевич

Сварка и резка в строительстве

Лабораторный практикум

*для обучающихся по направлению «строительство» очной и заочной формы
обучения.*

Редактор _____

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Уч.изд.л.
Усл.-печ.л. . Бумага писчая. Тираж экз. Заказ №_____.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии Воронежского
государственного технического университета
394026 Воронеж, ул. Московский проспект, 14