

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОКИСЛОРОДНОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы

Севастополь
СевГУ
2024

УДК 621.791.557:629.5(076.5)
ББК 34.641/.642:39.42-5*я73
ИЗ95

Р е ц е н з е н т:
Т.Л. Чемакина – канд. техн. наук, доцент

Составители: Г. В. Лекарев, В.В. Жибоедов

ИЗ95 **Изучение оборудования для газокислородной сварки и резки металлов** : методические указания к выполнению лабораторной работы / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение» ; сост. Г.В. Лекарев, В. В. Жибоедов. – Севастополь: Севгу, 2024. – 32 с.: ил. – Текст : электронный.

Целью настоящих методических указаний является оказание методической помощи студентам направления подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» и специальности 26.05.01 «Проектирование кораблей, судов и объектов океанотехники» всех форм обучения при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Сварка судовых конструкций».

УДК 621.791.557:629.5(076.5)
ББК 34.641/.642:39.42-5*я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Океанотехника и кораблестроение» в качестве методических указаний по дисциплине «Сварка судовых конструкций» к выполнению лабораторных работ студентами направления подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» и специальности 26.05.01 «Проектирование кораблей, судов и объектов океанотехники» всех форм обучения, протокол № 1 от 01 марта 2024 г.

В авторской редакции

Изд. № 69/2024. Объем 2 п.л. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,96.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Инструкция по технике безопасности.....	4
1. Общие указания к выполнению и оформлению лабораторной работы.....	5
2. Цель работы	5
3. Теоретическая часть.....	5
3.1. Сущность газокислородной сварки.....	5
3.2. Оборудование и технология газовой сварки.	6
3.3. Газы, применяемые для сварки.....	13
3.4. Газовое пламя и его характеристики.....	17
3.5. Сущность газокислородной резки.....	19
3.6. Оборудование и технология газовой резки.	19
3.7. Технология газовой сварки.	21
4. Порядок выполнения работы и содержание отчёта.	23
5. Вопросы для самоконтроля.....	24
Библиографический список	25
Приложение А.....	26
Приложение Б.....	31
Приложение В.....	32

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Для предотвращения несчастных случаев и аварийных ситуаций в сварочной лаборатории **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**:

1. Приступать к работе без разрешения преподавателя или учебного мастера.
2. Прикасаться к любым токоведущим элементам оборудования или приборов руками.
3. Выполнять переключения схем на стендах при включённых рубильниках или не в порядке, оговоренном в методических указаниях.
4. Продолжать работу при обнаружении напряжения на корпусе оборудования, оснастки или приборов.
5. Работать без вытяжной вентиляции.
6. Зажигать дугу или следить за ней без защитных масок или щитков с целым светофильтром.
7. Без разрешения преподавателя или учебного мастера покидать рабочее место. Входить в зону работы соседней бригады или отвлекать от работы других студентов.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

До начала лабораторной работы студент обязан ознакомиться с содержанием работы, заготовить рабочие таблицы для занесения экспериментальных данных и уяснить себе теоретический смысл работы по конспекту лекций и рекомендованной литературе.

Отчёт по каждой работе оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД на листах формата - А4 (11) с титульным листом и необходимыми таблицами, рисунками и графиками.

Отчёт должен содержать:

- а) название работы;
- б) цель работы;
- в) схемы основного оборудования;
- г) общие теоретические сведения о рассматриваемом процессе;
- д) особенности применяемого оборудования и перечень используемых в работе материалов, инструментов;
- е) результаты расчетов (табл. 4);
- ж) выводы по результатам работы.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить состав основного оборудования, применяемого для газокислородной сварки и резки металлов в судостроении, строение газового пламени и основные реакции сгорания ацетилена в кислороде; закрепить знания, полученные на лекции.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Сущность газокислородной сварки

Газокислородная (газовая) сварка осуществляется путем нагрева свариваемых деталей и присадочного материала в месте сварки до жидкого состояния. Нагрев и расплавление осуществляется пламенем сжигаемых с помощью специальной горелки горючих газов. Пламя не только плавит металл, но и защищает его от воздуха.

В качестве горючих газов используют карбидный и пиролизный ацетилен (C_2H_2) водород (H_2) , смесь пропана и бутана (C_3H_8 и C_4H_{10}), природные газы,

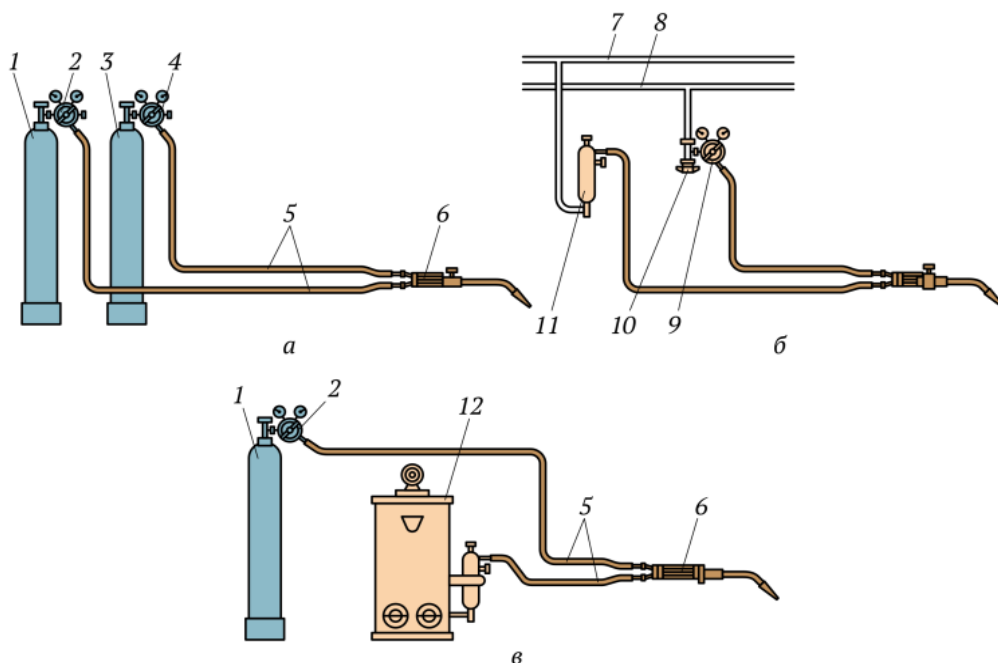
осветительный керосин и бензин (при подводной резке). Наиболее распространен ацетилен. Окислителем служит чистый кислород.

Ацетилен, сгорая в кислороде, дает наивысшую температуру пламени (3100 - 3200 °С) по сравнению с другими горючими газами и обеспечивает наиболее высокую производительность сварки. Сварка обычно выполняется вручную.

В судостроительной промышленности газовая сварка применяется ограниченно: для изготовления мелких деталей из меди и ее сплавов деталей из тонколистовой стали и при ремонтных работах. Производительность газовой сварки значительно ниже, чем дуговой.

3.2. Оборудование и технология газовой сварки

Пост для газовой сварки, рассматриваемый на рис. 1, может иметь индивидуальное или централизованное снабжение горючим газом и кислородом.

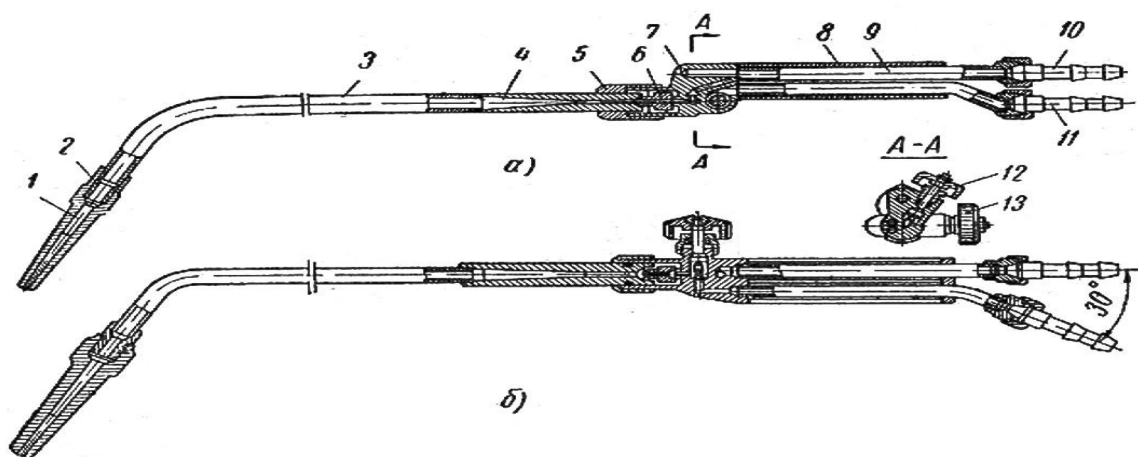


а – индивидуальное для газовой сварки и резки; б – от газопроводов; в – от ацетиленового генератора; 1 – баллон с кислородом; 2 – кислородный редуктор; 3 – баллон с ацетиленом; 4 – ацетиленовый редуктор; 5 – шланги; 6 – горелка; 7 – ацетиленовый трубопровод; 8 – кислородный трубопровод; 9 – кислородный постовый редуктор; 10 – кислородный вентиль; 11 – водяной затвор; 12 – ацетиленовый генератор

Рис. 1. Схемы газопитания сварочного поста

Пост включает в себя следующее оборудование: сварочную горелку, редукторы, шланги, газовые баллоны.

Сварочная горелка служит для смешения горючего газа с кислородом, получения постоянного состава горючей смеси и устойчивого пламени необходимой мощности и формы. Для сварки вручную наиболее широко применяются инжекторные горелки (рис. 2) типа "Москва", ГС-2, ГС-3, ГС-4.



- а* – разрез горелки ГС-53, *б* – разрез горелки «Москва»,
1 – мундштук, 2 – соединительный ниппель, 3 – трубка наконечника,
4 – смесительная камера, 5 – накидная гайка, 6 – инжектор, 7 – корпус горелки,
8 – рукоятка, 9 – кислородная трубка, 10 – кислородный ниппель,
11 – ацетиленовый ниппель, 12 – вентиль для кислорода, 13 – вентиль для ацетилена

Рис. 2. Устройство горелок с наконечниками

Инжекторная горелка работает следующим образом: поступающий по шлангам кислород проходит через инжектор 4 в смесительную камеру 5. Горючий газ (ацетилен) поступает в ствол 2, обтекает инжектор и перемещается в смесительную камеру. Струя кислорода, вырываясь из узкого выходного отверстия сопла I с большой скоростью (70 - 160 м/с), устремляется в смесительную камеру, создавая в ее канале разряжение, куда и засасывается горючий газ (C_2H_2) с малым давлением. Кислород поступает в горелку под давлением $1+4 \text{ кгс/см}^2$, ацетилен - под давлением $0,2 \text{ кг/см}^2$. Перемешанный газ идет по наконечнику 3 и по выходе из мундштука 1 смесь образует сварочное пламя.

Наиболее распространенные инжекторные горелки “Звезда” и ГС-3 имеют семь номеров сменных наконечников с различными диаметрами выходных

отверстий инжектора и мундштука, что позволяет регулировать в широких пределах мощность ацетилено – кислородного пламени, поддерживая достаточно высокую скорость истечения газов из горелки (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Техническая характеристика инжекторных горелок “Звезда” и ГС-3

Показатель	Номера наконечников						
	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемого металла, мм	0,5 – 1,5	1 – 2,5	2,5 – 4	4 – 7	7 – 11	10 – 18	17 – 30
Расход ацетилена, гм ³ /ч (л/ч)							
ацетилена	50 – 125	120 – 240	230 – 430	400 – 700	660 – 1100	1050 – 1750	1700 – 2800
кислорода	55 – 135	130 – 260	250 – 440	430 – 750	740 – 1200	1150 – 1950	1900 – 3100
Давление кислорода, кгс/см ²							
Ацетилена	Не ниже 0,1						0,35
кислорода	1 – 4	1,5 – 4	2 – 4	2 – 4	2 – 4	2 – 4	2 – 4
Длина горелки, мм	404	440	475	515	558	580	618
Масса, кг	0,56	0,58	0,59	0,65	0,76	0,78	0,85

Горелки большой мощности и многопламенные, работающие в тяжелых условиях, при высокой температуре, обычно делаются безинжекторными, в них оба газа – кислород и ацетилен – поступают под одинаковым давлением в пределах 0,01 – 0,15 МПа.

Горение смеси возможно внутри горелки с распространением пламени к источнику ацетилена через ацетиленовый шланг, что может вызвать взрыв – обратный удар. Он будет иметь место в случае падения скорости истечения газов из мундштука менее 70 м/с, нагрева наконечника, закупоривания мундштука. Редуктор или водяной затвор защищает источник ацетилена от обратного удара.

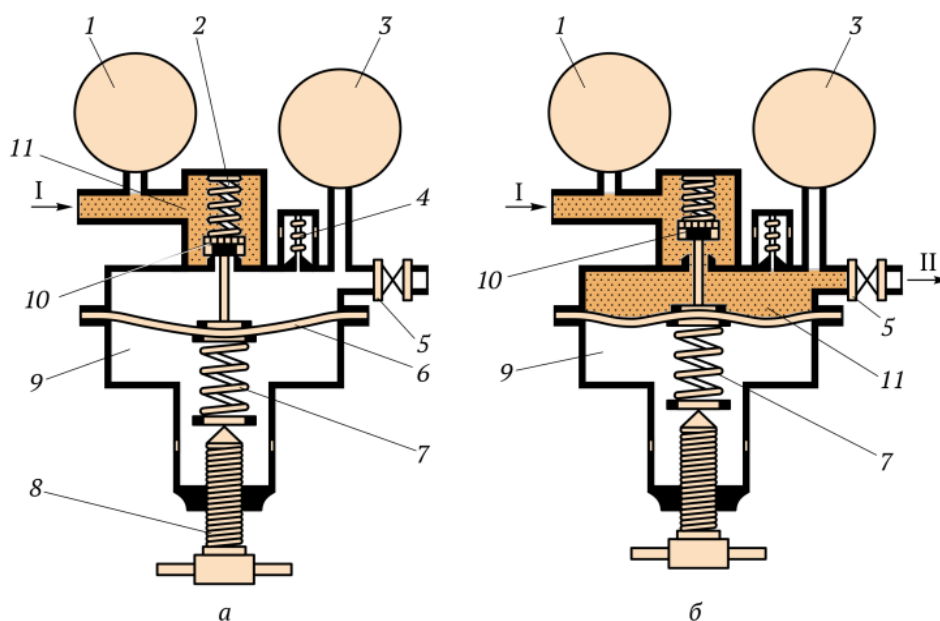
Редукторы служат для понижения давления газа, отбираемого из баллона (или газопровода), и поддержания этого давления постоянным, независимо от снижения давления газа в баллоне.

ГОСТ 13861-89 «Редукторы для газопламенной обработки» предусматривает выпуск 18 типоразмеров редукторов на различные давления и производительность для газопламенной обработки металлов.

Редукторы бывают прямого действия, когда давление поступающего газа стремится открыть клапан, через который газ входит в рабочую камеру редуктора, и обратного действия, когда это давление стремится закрыть клапан. У **редуктора прямого действия** рабочее давление по мере расхода

газа из баллона несколько снижается. Это падающая характеристика редуктора. У **редуктора обратного действия** характеристика возрастающая (с уменьшением давления газа в баллоне рабочее давление на выходе из редуктора повышается). Более удобными и безопасными в эксплуатации являются редукторы обратного действия.

По роду газа редукторы делятся на кислородные, ацетиленовые, пропан-бутановые и метановые. Внешне они **различаются окраской**, цвет которой должен быть таким же, как и у баллона для данного газа. Другое отличие — **конструкция присоединительных устройств для крепления редукторов к баллону**. У ацетиленовых редукторов это хомут с упорным винтом, у остальных редукторов — накидная гайка с резьбой, соответствующей резьбе на вентиле баллона. Принцип действия и основные детали у всех редукторов примерно одинаковы, отличаются лишь друг от друга градуировкой манометров и цветом окраски (кислородный - синий, ацетиленовый - белый). Схема постового однокамерного редуктора показана на рис. 3, а, б.



а — редуктор закрыт; б — редуктор открыт; 1 — манометр высокого давления; 2, 7 — пружины; 3 — манометр низкого давления; 4 — предохранительный клапан; 5 — вентиль; 6 — резиновая мембрана; 8 — регулировочный винт; 9 — камера низкого давления; 10 — клапан; 11 — камера высокого давления; I — из баллона; II — в горелку

Рис. 3. Схема устройства и работы редуктора одноступенчатого баллонного редуктора обратного действия

Из баллона газ попадает в камеру высокого давления **11**, на входе в которую установлен манометр **1**. Давление газа препятствует открыванию клапана **10**, который прижат к своему седлу пружиной **2**. Для подачи газа в

горелку нужно регулировочным винтом **8** сжать пружину **7**, которая, воздействуя на резиновую мембрану **6**, через шток будет воздействовать на клапан **10**. Положение клапана **10** зависит от соотношения усилий сжатия пружин **2** и **7**. Если усилие пружины **7** больше, чем пружины **2**, клапан **10** откроется и газ, преодолевая сопротивление отверстия клапана **10**, перейдет в камеру низкого давления **9**. Чем больше открыт клапан **10**, тем больше будет рабочее давление в камере **9**. Это давление измеряют манометром низкого давления **3**, установленным на выходе из камеры **9**, по которому газ через вентиль **5** подается в сварочную горелку.

Таким образом, регулирование рабочего давления производится винтом **8**: его ввинчивание увеличивает усилие пружины **7** и проходное сечение клапана **10**, и давление в камере **9** увеличивается, и наоборот.

Стабилизация установленного рабочего давления осуществляется следующим образом. При заданном положении винта **8** равенство расхода и поступления газа в редуктор обеспечивает постоянство рабочего давления. Если расход газа станет больше, чем его поступление из баллона, давление в камере **9** понизится, пружина **7** начнет разжиматься, клапан **10** откроется больше, поступление газа в камеру **9** увеличится, давление в ней возрастет до рабочего, и наоборот. Если по какой-либо причине регулировки не произойдет и давление в камере **9** увеличится до опасных пределов, этим давлением сожмется пружина предохранительного клапана **4**, клапан откроется, и избыток газа сбросится в атмосферу.

Классификация редуктора рассмотрим ниже и в приложении В.

По назначению и месту установки в системе питания:

- баллонные редукторы используют для питания сварочного поста от единичных баллонов (Б);
- сетевые редукторы применяются в газосборных постах при централизованном газопитании сварочного поста от цеховых газопроводов (С);
- рамповые редукторы используются в рамповых установках для централизованного газопитания нескольких сварочных постов (Р). Рамповые установки используют при значительном расходе газа. Баллоны кислородные устанавливают в одну или две группы, присоединяются медными гибкими трубками к трубам – коллекторам через вентили. Когда из одного коллектора отбирают газ, то ко второму присоединяют новые баллоны, наполненные газом. Специальные вентили позволяют отсоединять каждый баллон от ramпы, не прерывая отбора газа от остальных баллонов. Рампа имеет центральный

редуктор для понижения давления газа, подаваемого по трубопроводу. Рампы устанавливают в отдельном помещении. Баллоны с кислородом на давление до 15 МПа присоединяют к рампе медными трубками с наружным диаметром 8 мм, с толщиной стенки 1,5 мм и внутренним диаметром 5 мм.

Распределительные ramпы существуют и для ацетиленовых баллонов. Только хомуты ацетиленовых редукторов крепятся к коллекторной стальной трубе через бронированные гибкие резиноканевые шланги. На коллекторе устанавливают запорный вентиль и рамповый ацетиленовый редуктор.

Редукторы изготавливают для работы в различных климатических условиях:

- баллонные и сетевые редукторы для кислорода, водорода и ацетилена применяют для работы от минус 25 до плюс 50 °С;
- баллонные и сетевые редукторы для пропана и метана применяют для работы при температуре от минус 15 до плюс 45 °С;
- рамповые редукторы рассчитаны на работу при температуре от минус 50 до плюс 50 °С.

По роду газа:

- кислородные (К) окрашивают в голубой цвет;
- для водорода (В) – зеленый;
- ацетиленовые (А) – в белый;
- газы – заменители ацетилена: пропан-бутана (П), метана (М) (кроме водорода) – в красный цвет.

Но редукторы отличаются не только цветом, еще одно отличие – конструкция присоединительных устройств для крепления редукторов к баллону.

У ацетиленовых редукторов - это хомут с упорным винтом, а у остальных редукторов – накидная гайка с резьбой, соответствующей резьбе на вентили баллона (у кислородного редуктора накидная гайка с правой резьбой, у водородного и пропан-бутанового – с левой).

Ацетиленовый и кислородный редуктор имеет два манометра. Редуктор для пропан-бутана имеют только один манометр, показывающий давление в рабочей камере. Манометр высокого давления в редукторах для пропан-бутана не устанавливают, так как до момента полного расхода газа из баллона давление остается постоянным.

По конструкции газовые редукторы могут быть:

- *одноступенчатые (однокамерные);*

– *двухступенчатые*, позволяют поддерживать рабочее давление с большей точностью, чем одноступенчатые. В этом случае давление понижается в двух ступенях: в первой ступени давление понижается с начальной величины 15 МПа до промежуточного 4 МПа, а во второй – до конечного рабочего давления – 0,3 - 1,5 МПа. Двухступенчатые редукторы менее склонны к «замерзанию», но они сложнее по конструкции, чем однокамерные и значительно дороже.

По принципу действия редукторы различают:

– *редукторы прямого действия* – здесь давление газа действует на клапан и стремится открыть его.

– *редукторы обратного действия* – здесь давление газа до редуцирования действует на клапан, стремясь закрыть его. Эти редукторы более надежны в работе, компактны и просты по конструкции.

Перед присоединением редуктора к вентилю баллона необходимо продуть штуцер вентиля; убедиться в исправности прокладки на штуцере редуктора и резьбы накидной гайки редуктора, в отсутствии загрязнений на них (для показа используем натуральные образцы редукторов).

Присоединив редуктор к вентилю, полностью ослабляют регулирующий винт редуктора, а затем открывают вентиль баллона, следя за показаниями манометра высокого давления. Рабочее давление устанавливают вращением регулировочного винта по часовой стрелки. Когда давление достигнет заданной величины, можно пустить газ в горелку.

При перерывах в работе необходимо расслабить пружину редуктора, выпустить газ из горелки, и вращать регулирующий винт редуктора против часовой стрелки до тех пор, пока давление газа по манометру низкого давления не будет равно нулю. После этого закрывают вентиль баллона.

Шланги для газовой сварки и резки состоят из внутреннего резинового слоя (камеры), хлопчатобумажной оплетки и наружного резинового слоя. Ацетиленовые шланги рассчитаны на давление до 0,6 МПа, имеют цветную маркировку в виде продольной полосы красного цвета. Кислородные шланги рассчитаны на давление до 1,5 МПа и должны иметь маркировку синего цвета.

Красный цвет рукава относится к I классу, и предназначено для подачи горючего газа. Желтые шланги II класс, предназначены для подачи жидкого топлива. Синие шланги III класса для подачи кислорода. Допускается черный цвет наружной поверхности газового рукава.

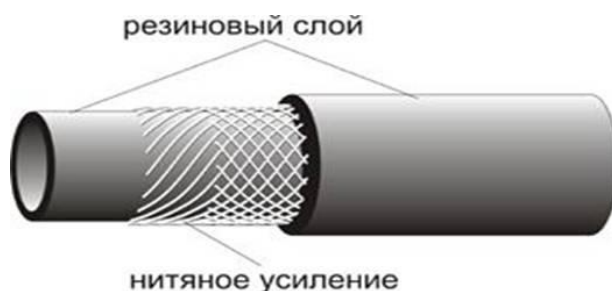


Рис. 4. Структура газовых рукавов

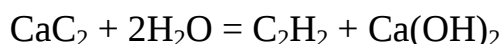
3.3. Газы, применяемые для сварки

При газовой сварке расплавление кромок свариваемого изделия и присадочной проволоки осуществляется теплом, выделяющимся при сжигании горючего газа в смеси с кислородом. Газовую сварку применяют при изготовлении сварных изделий из тонколистовой стали, медных и алюминиевых сплавов, при исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливках, а также при различных ремонтных работах.

Кислород, используемый для сварочных работ, получают из воздуха методом глубокого охлаждения и поставляют к месту потребления в стальных баллонах голубого цвета с черной надписью "Кислород". Водяная емкость баллона 40 литров и при давлении 15 МПа он вмещает 6 м³ газообразного кислорода.

В качестве горючего газа при газовой сварке и резке в основном используют ацетилен, а для резки - также и природный газ, нефтяной газ и другие газы в смеси с кислородом.

Ацетилен (C₂H₂) – бесцветный газ с характерным запахом, воспламеняется при 420 °С, становится взрывоопасным при сжатии свыше 0,18 МПа, а также при длительном соприкосновении с медью и серебром. Ацетилен получают в ацетиленовых генераторах при взаимодействии карбида кальция с водой:

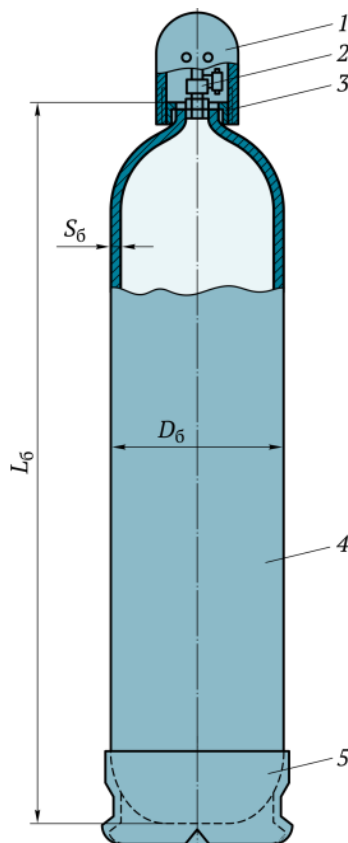


Из 1 кг карбида кальция в среднем получается 250 л ацетилена. Ацетилен транспортируется и хранится в специальных баллонах.

К месту сварки ацетилен поставляется в стальных баллонах вместимостью 40 литров, в которых при максимальном давлении 1,9 МПа содержится примерно 5,5 м³ газа. Для обеспечения безопасного хранения и транспортировки ацетилена, баллон заполнен пористым активированным углем, который пропитан ацетоном. В одном объеме ацетона растворяется

23 объема ацетилена. Баллон окрашен в белый цвет с надписью "Ацетилен" красного цвета.

Баллоны для кислорода (рис. 5) имеют массу 43,5 и 60,0 кг, длину корпуса — 1 390 мм.



- 1 – предохранительный колпак; 2 – запорный вентиль;
3 – кольцо; 4 – корпус; 5 – опорный башмак;
 L_6 – длина баллона, мм; D_6 – диаметр баллона, мм;
 S_6 – толщина стенки баллона, мм

Рис. 5. Кислородный баллон

Кислород для газовой сварки и резки используют технически чистый кислород по ГОСТ 5583-68. Газообразный кислород.

Кислород для газовой сварки и резки используют технически чистый кислород по ГОСТ 5583-68. Газообразный кислород несколько тяжелее воздуха, бесцветен, не имеет запаха, 1 м³ O₂ весит 1,33 кг (при нормальных условиях). Газообразный кислород транспортируют и хранят в баллонах.

Кислородный баллон представляет собой цельнотянутый цилиндрический сосуд, изготовленный из стали с повышенным пределом прочности (65 кг/мм) и рассчитанный на внутреннее давление до $150 \cdot 10^5$ Па (при $T = 20$ °С).

Кислородный баллон окрашен в синий цвет. Водяная емкость баллона 40 л, вес 67 кг, диаметр 219 мм, длина 1,390 м, газовая емкость при давлении $150 \cdot 10^5$ Па - 6 м³.

Нижней частью баллоны опираются на **башмаки**, чтобы избежать ударов по корпусу в процессе транспортировки и обеспечить устойчивое вертикальное положение при установке на газовом посту. Верхняя часть баллонов также защищена от случайных ударов **толстостенными колпаками**. Баллон на сварочном посту устанавливают вертикально и закрепляют цепью или хомутом для предохранения от падения.

Газовую емкость баллона при $T = 20^\circ \text{C}$ определяют по формуле

$$V_G = P \cdot V_B \cdot 10^{-2},$$

где V_G - газовая емкость баллона, м³; P - давление газа, Па; V_B - водяная емкость баллона, л.

Так, при $P = 150 \cdot 10^5$ Па, $T = 20^\circ \text{C}$ в 40-литровом баллоне содержится

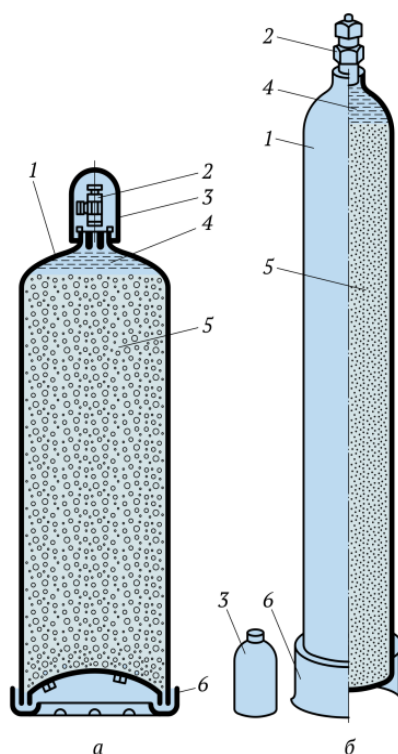
$$V_G = 150 \cdot 10^5 \cdot 40 \cdot 10^{-8} = 6 \text{ м}^3.$$

Вентиль баллона, также как и кислородный редуктор, изготовлен из медных сплавов (латунь, бронза).

Ацетиленовый баллон (рис. 6) представляет собой цилиндрический цельнотянутый или сварной сосуд, изготовленный из стали с пределом прочности $\sigma_s = 32 \div 40 \text{ кг/мм}^2$.

Внутренний объем его заполнен пористой, массой, пропитанной ацетоном. Пористая масса обеспечивает безопасность эксплуатации баллонов, ускоряет процесс нагнетания газа и отбор его при работе.

Такое устройство ацетиленового баллона вызвано тем, что C_2H_2 в больших объемах и при давлении выше $1,5 \cdot 10^5$ Па может разлагаться со взрывом. Эта способность к взрыву ацетилена при повышенном давлении уменьшается при наличии большой удельной охлаждающей поверхности, т.е. в объемах, приближающихся к капилляру и при условии, что он находится в растворенном (в жидкости) состоянии. Наилучшим растворителем C_2H_2 является ацетон CH_3COCH_3 .



а – сварной БАС-1-58; б – бесшовный;
 1 – корпус; 2 – запорный вентиль; 3 – предохранительный колпак;
 4 – газовая подушка; 5 – пористая масса с ацетоном; 6 – опорный башмак

Рис. 6. Ацетиленовые баллоны

Растворимость ацетилена в ацетоне увеличивается с повышением давления. Так, при нормальных условиях ($P = 1,0 \cdot 10^5$ Па, $T = 20$ °С) 1 л ацетона растворяет 23 л C_2H_2 а при давлении $16 \cdot 10^5$ Па – около 350 л C_2H_2 . Пористая масса состоит из активированного угля и асбестовых опилок. Нагнетание C_2H_2 производится компрессорами до давления $16 \cdot 10^5$ Па.

Количество C_2H_2 , находящегося в баллоне, можно приблизительно рассчитать по формуле

$$A = \alpha \cdot P \cdot V_a \cdot V_{\delta} \cdot 10^{-5},$$

где A - количество C_2H_2 в баллоне, л; $\alpha = 22$ - коэффициент растворимости C_2H_2 в ацетоне при нормальных условиях; P - давление в баллоне, Па; V_a - объем ацетона в баллоне, л; V_{δ} - водяная емкость баллона л.

Для баллонов, диаметром 0,219 м и длиной 1,39 м, объем ацетилена $V_a = 0,4$ л, водяная емкость баллона $V_{\delta} = 10$ л.

Вентиль баллонов также как и камера высокого давления ацетиленового редуктора изготавливается из стали.

В верхней части баллона имеется маркировка, где обычно обозначается класс сосуда, водяная емкость в л, вес баллона в кг, рабочее давление в Па (кг/см²), испытательное давление в Па (кг/см²), номер баллона, а также даты изготовления и очередного испытания. Свойства некоторых газов и данные о баллонах помещены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Свойства газов и данные о баллонах для газов, используемых при сварке и резке

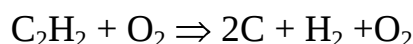
Сжатые газы (T = 20 °С)	Плотность при н.у., кг/см ³	Температура пламени в смеси с кислородом, °С	Предельное давление при 20 °С, кг/см ²	цвет	
				баллона	надписи
Ацетилен растворенный	1,09	3150	16	белый	красный
Водород	0,084	2100	150	темно- зеленый	красный
Кислород				голубой	черный
Пропан-бутан (85 % пропана) сжиженный	1,9	2100	17	красный	белый
Углекислый сжиженный			125	черный	желтый
Аргон технический				серый	синий

3.4. Газовое пламя и его характеристики

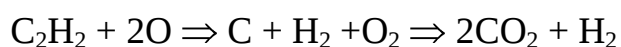
Внешний вид, температура и влияние сварочного пламени на расплавленный металл зависят от состава горючей смеси, т. е. от соотношения в ней кислорода и ацетилена. Если на 1 объем ацетилена подается примерно 1 – 1,2 объема кислорода, то весь ацетилен полностью сгорает и такое пламя называется нормальным. Изменяя состав горючей смеси, сварщик изменяет свойства сварочного пламени (рис. 7).

Строение пламени обусловлено тремя стадиями:

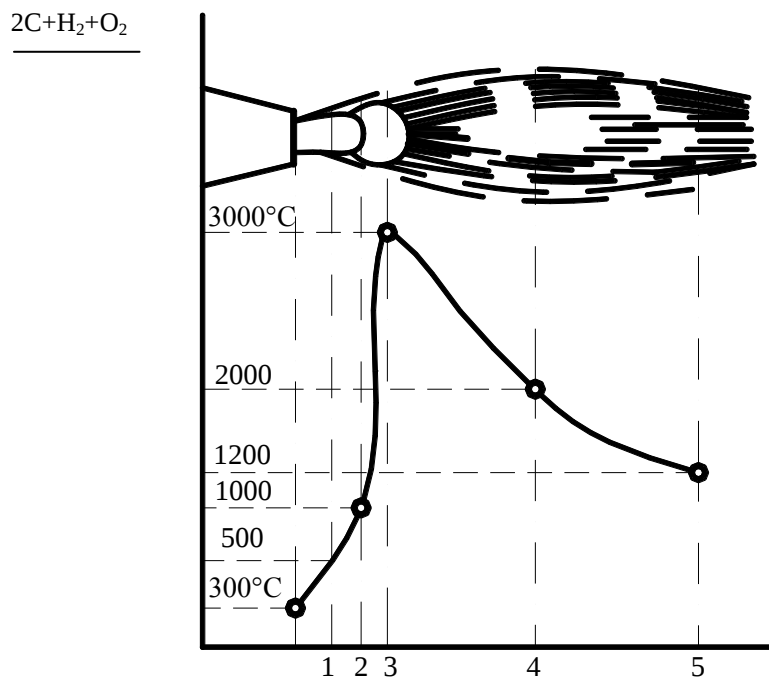
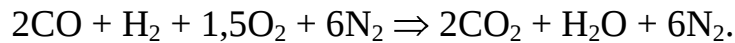
1. Стадия теплового разложения ацетилена (протекает в ядре)



2. Стадия элементарного окисления (протекает в средней темной зоне)



3. Стадия догорания продуктов элементарного окисления и пирогенного разложения (факел)



1 – зона выхода из сопла; 2 – ядро пламени; 3 – зона конца ядра;
4 – восстановительная зона; 5 – факел и хвостовая его часть

Рис. 7. Строение ацетилено-кислородного пламени и распределение температуры по его оси

Изменяя соотношение кислорода и ацетилена в смеси, можно получать три основных вида пламени: нормальное, окислительное и науглероживающее.

Нормальное пламя (не окисляет железо) образуется при соотношении объемов O_2 и C_2H_2 в пределах $\beta = \frac{\text{O}_2}{\text{C}_2\text{H}_2} = 1,0 \div 1,3$, пламя, у которого $\beta > 1,3$, называется **окислительным**.

Пламя, у которого $\beta > 1,0$, называется **науглероживающим**.

При сварке таким пламенем углерод усваивается жидким металлом (происходит науглероживание металла шва).

При уменьшения отношения $\beta > 0,65$ элементарный углерод выделяется в виде сажи - такое пламя называется **коптящим**.

У ацетиленокислородного нормального пламени наивысшая температура (3150 °C) достигается во 2-й зоне на расстоянии 2 - 4 мм от ядра.

Это зона является рабочей и используется для нагрева при сварке.

3.5. Сущность газокислородной резки

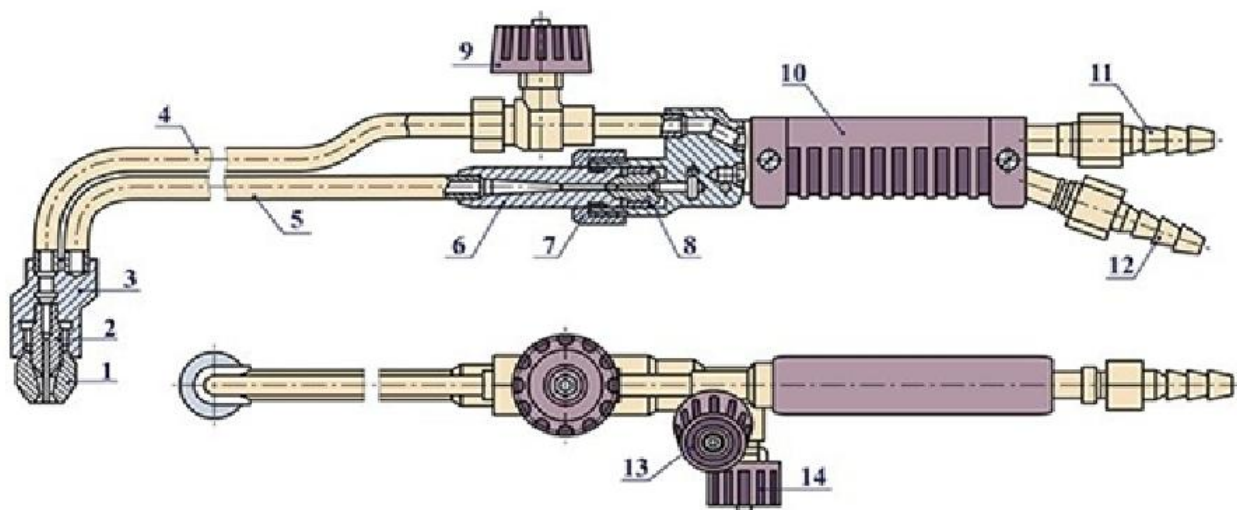
Металл, нагретый до температуры воспламенения, сгорает в струе кислорода. Продукты сгорания удаляют из зоны реза струей сжатого кислорода.

Возможность применения газокислородной резки определяется следующими условиями:

- температура плавления металла должна быть выше температуры его воспламенения,
- температура плавления окислов металла должна быть ниже температуры плавления этого металла;
- количество тепла, выделяющееся при сгорании металла в струе кислорода, достаточное для поддержания непрерывного процесса.

3.6. Оборудование и технология газовой резки

Для ручной газовой резки применяется то же оборудование, что и для газовой сварки. Исключение составляют горелки, которые заменяются резаками. Резак (рис. 8 и табл. 3) работает по тому же принципу, что и горелка (что позволяет использовать резаки по мере необходимости также и для газовой сварки), но кроме подвода подогревательного кислорода имеется также и подвод режущего кислорода к мундштуку.



- 1, 2 – мундштуки; 3 – головка; 4 – трубка для подачи режущего кислорода; 5 – трубка для подачи горючей смеси; 6 – смесительная камера; 7 – накидная гайка; 8 – инжектор;
9 – вентиль режущего кислорода; 10 – рукоятка; 11 – ниппель для присоединения кислородных шлангов; 12 – ниппель для присоединения шлангов ацетилена или горючего газа; 13 – вентиль кислорода; 14 – вентиль ацетилена или горючего газа

Рис. 8. Схема резака

Техническая характеристика инжекторного резака "Пламя - 62"

Показатели	Толщина разрезного металла					
	3-6	6-25	50	100	200	300
Номер мундштука						
внутреннего	1	2	3	4	5	5
наружного	1	1	1	2	2	2
Давление кислорода, МПа	3.5	4	6	8	11	14
Расход, м ³ /ч	3	5.2	8.5	18.5	33.5	42
Кислорода						
Ацетилена	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2
Примерная ширина реза, мм	2-2.5	2.5-3.5	3.5-4.5	4.5-7	7-10	10-15
Скорость резки, мм/мин	550	370	260	165	100	80

Для ручной резки применяются резаки типа "Пламя-62", РУ-70 и т.п.

Зажигание резака производится в следующем порядке:

- 1) открыть слегка вентиль подогревательного кислорода;
- 2) открыть вентиль горючего газа;
- 3) зажечь смесь у выхода из мундштука;
- 4) отрегулировать пламя.

Ядро пламени должно иметь правильную, резко очерченную форму.

После этого приступают к нагреву металла в места начала резки. Когда металл нагрет до температуры воспламенения, открывают вентиль режущего кислорода и приступают к резке металла.

Качественный сварной шов обеспечивается правильным подбором тепловой мощности сварочного пламени, видом пламени, способом сварки, углом наклона горелки, применением соответствующего присадочного материала и флюса.

Тепловая мощность сварочного пламени оценивается по расходу ацетилена (л/ч) и определяется по формуле

$$q = A \cdot S,$$

где A – коэффициент тепловой мощности (для малоуглеродистой стали $A = 100 - 130$ л/ч·мм); S – толщина свариваемого металла, мм.

По мощности пламени определяют номер наконечника горелки.

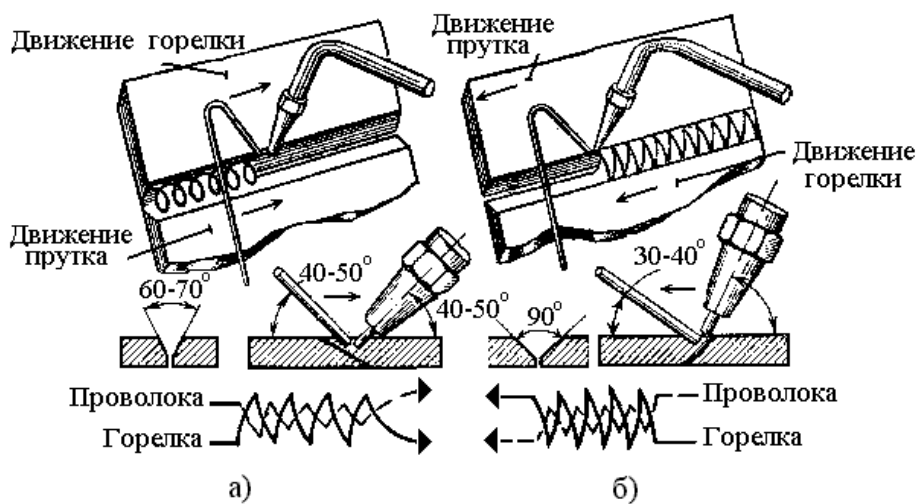
3.7. Технология газовой сварки

При использовании газовой сварки для изготовления металлических изделий предпочтительным типом соединения является стыковое. Нахлесточное и тавровое соединения вследствие возникновения в изделии значительных собственных напряжений нежелательны, а при сварке изделий большой толщины недопустимы.

Сварка сталей толщиной до 2 мм осуществляется без скоса кромок и без зазора между листами или с отбортовкой кромок без присадочного металла. При толщине листа 2 – 5 мм соединение встык выполняют без скоса кромок, но с соответствующим зазором. Сталь толщиной более 5 мм сваривают только встык с применением одностороннего или двухстороннего скоса кромок.

При толщине металла более 5 мм применяют правый способ сварки, при котором горелка движется впереди сварочной проволоки слева направо (рис. 9, а). Пламя направлено на наплавленный металл, что способствует более качественному формированию шва, увеличивает производительность, уменьшает расход ацетилена, но при малых толщинах может привести к прожогу металла.

При толщине металла до 5 мм применяют левый способ сварки (см. рис. 9, б), при котором горелка движется справа налево. Присадочный пруток находится слева от горелки и передвигается впереди пламени, направленного от наплавленного металла в сторону основного металла, на нагрев которого расходуется значительная часть тепла, в результате чего наплавленный металл быстро охлаждается.



а – правый; б – левый

Рис. 9. Способы газовой сварки

Угол наклона горелки к свариваемой поверхности зависит от толщины металла. При её увеличении нужна большая концентрация тепла и соответственно большой угол наклона горелки (рис. 10).

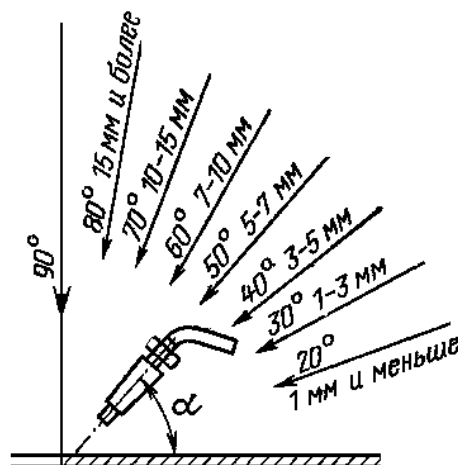


Рис. 10. Изменение угла наклона горелки в зависимости от толщины свариваемого металла

Диаметр присадочной проволоки d (мм) определяют в зависимости от выбранного способа сварки и толщины свариваемого металла S (мм) по следующим формулам:

- при левом способе: $d = 0.5 \cdot S + 1$;
- при правом способе: $d = 0.5 \cdot S$.

При сварке изделия толщиной более 15 мм диаметр проволоки принимают не более 6 – 8 мм.

В качестве присадочного материала следует применять проволоку или прутки, близкие по химическому составу к металлу свариваемых изделий. Для сварки чугуна применяют специальные литые чугунные стержни; для наплавки износостойких покрытий – литые стержни из твердых сплавов. Для сварки цветных металлов и некоторых специальных сплавов используют флюсы, которые могут быть в виде порошков или паст. Для сварки меди и её сплавов – кислые флюсы (буру, буру с борной кислотой); для сварки алюминиевых сплавов – бескислородные флюсы на основе фтористых или хлористых солей лития, калия, натрия и кальция. Роль флюса состоит в растворении оксидов и образовании шлаков, легко всплывающих на поверхность сварочной ванны, а также предохранении расплавленного металла от дальнейшего окисления в процессе сварки, покрывая его тонкой пленкой. Во флюсы можно вводить элементы, раскисляющие и легирующие наплавленный металл.

Скорость сварки V (м/ч) определяется глубиной проплавления и зависит от свойств металла:

$$V = C / S,$$

где C – коэффициент скорости сварки, м мм/ч; для углеродистых сталей $C = 12 - 15$; S – толщина металла, мм.

Время сварки t (ч) определяют из уравнения

$$t = L / V,$$

где L – длина шва, м; V – скорость сварки, м/ч.

Полный расход горючего газа Q (л) определяется по формуле

$$Q = q \cdot t,$$

где q – тепловая мощность сварочного пламени, л/ч; t – время сварки, ч.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1) Изучить теоретический раздел методических пособий для лабораторной работы.

2) Изучить образцы основного оборудования для сварки и резки под руководством преподавателя и мастера производственного обучения на базе лаборатории «Сварка».

3) Выполнить тестовые задания, приведенные в приложении Б.

4) Составить отчет и включить в него ответы заданий и результаты расчётов (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Исходные данные и результаты расчетов

№ п/п	Параметр	Расчетная формула	Численное значение
1	Толщина свариваемого металла S , мм	Прил. Б	
2	Длина шва L , мм	Прил. Б	
3	Способ сварки (правый, левый)		
4	Коэффициент тепловой мощности A , л/ч·мм		
5	Тепловая мощность пламени q , л/ч		
6	Угол наклона мундштука горелки, град	Рис. 11	
7	Диаметр присадочной проволоки d , мм		
8	Номер наконечника горелки	Табл. 2	
9	Коэффициент скорости сварки C , м·мм/ч		
10	Скорость сварки V , м/ч		
11	Вид пламени		
12	Время сварки t , ч		
13	Полный расход горючего газа Q , л		

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) В чём сущность газовой сварки?
- 2) В каких случаях применяется газовая сварка?
- 3) Перечислить оборудование газосварочного поста.
- 4) На каком принципе основана работа инжекторной горелки?
- 5) В какой последовательности включается и выключается сварочная горелка?
- 6) Что такое обратный удар?
- 7) Что предотвращает распространение пламени до источника ацетилена?
- 8) Для чего применяются редукторы?
- 9) Перечислить недостатки и преимущества газовой сварки.
- 10) Чем определяется режим газовой сварки?
- 11) Что такое левый и правый способ сварки?
- 12) Какие газы применяют для газовой сварки?
- 13) Для чего ацетиленовые баллоны заполнены пористой массой?
- 14) Для чего ацетилен растворяют в ацетоне при хранении в баллонах?
- 15) Как найти количество ацетилена в баллоне?
- 16) Из какого материала изготавливается вентиль ацетиленового баллона?
- 17) Как определить газовую ёмкость кислородного баллона?
- 18) Из какого металла изготовлен вентиль кислородного баллона?
- 19) Перечислить основные зоны ацетиленокислородного пламени.
- 20) Какие реакции происходят при сгорании ацетилена в кислороде?
- 21) Какие виды пламени различают в зависимости от соотношения O_2 и C_2H_2 ?
- 22) В чём заключается сущность газокислородной резки?
- 23) При каких условиях возможна газокислородная резка металла?
- 24) Основное отличие горелки от резака.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бельчук и др. Сварка судовых конструкций./ Г. М. Бельчук, К.М. Гатовский, Б. А. Кох. – Л: Судостроение, 1980. – 395 с.
2. Дрейзеншток З. Б., Лушков Н. Л. Справочник сварщика-судостроителя. Изд. 3-е, перербот. И дополн./ З. Б Дрейзеншток, Н. Л. Лушков. – Л.: Судостроение, 1977. – 256 с.
3. Глимазенко Д. Л. Газовая сварка и резка металлов. Учебник для индивид. и бригадной подготовки рабочих на производстве. – Изд. 5-е, переработ. и доп. – М.: «Высш. школа», 1969. – 198 с.
4. Девяткин Ю. А. Судовая газорезка. – Л.: Судостроение, 1976. – 183 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Задание № 1.

Определить свойства : 1 – кислорода; 2 – ацетилена.

Вероятные ответы:

А – при температуре t от $-82,4^{\circ}\text{C}$ до $-83,6^{\circ}\text{C}$ превращается в жидкость;

Б – температура пламени при сгорании его до 3200°C ;

В – газ без цвета и запаха, температура сжижения при нормальном давлении $-182,96^{\circ}\text{C}$;

Г – взрывоопасен и взрывается при трении и ударе;

Д – при испарении $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ жидкого газа получается $0,79 \text{ м}^3$ газообразного;

Е – хорошо растворяется во многих жидкостях, особенно в ацетоне: в одном объёме ацетона растворяется 23 объёма газа;

Ж – при соприкосновении с маслами и жирами последние самовоспламеняются;

З – при взаимодействии с красной медью и серебром даёт соединение, которое при нагревании и ударе взрывается;

И – не горит, но активно поддерживает горение;

К – соединяется почти со всеми химическими элементами;

Л – при повышении давления до 0,2 МПа и температуры до $450 - 500^{\circ}\text{C}$ в газообразном состоянии взрывоопасен;

М – при нормальном атмосферном давлении масса 1 м^3 газа равна 1,33 кг;

Н – ацетилено-кислородная смесь взрывоопасна при наличии в ней 2,8 - 93 % газа по объёму;

О – при нормальном атмосферном давлении и температуре 0°C масса 1 м^3 газа равна 1,173 кг;

П – в капиллярных сосудах считается не взрывоопасным до давления 2,7 МПа.

Вопрос	1	2
Ответ		

Задание № 2.

Определить назначение: 1 – ацетиленового генератора; 2 – водяного предохранительного затвора; 3 – баллонов; 4 – шлангов; 5 – редуктора.

Вероятные ответы:

А – для хранения и транспортировки газов;

Б – для получения ацетилена разложением водой карбида кальция;

В – для понижения давления газа, отбираемого из баллона и поддержания его постоянным;

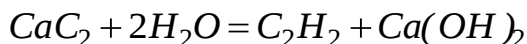
Г – для защиты генератора и газопровода от обратного удара;

Д – для подвода газа к горелкам и резакам.

Вопрос	1	2	3	4	5
Ответ					

Задание № 3.

Определить название химических соединений: 1 – CaC_2 ; 2 – H_2O ; 3 – C_2H_2 ; 4 – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ участвующие в реакции



Вероятные ответы:

А – карбид кальция; Б – Гашёная известь; В – вода; Г – ацетилен.

Вопрос	1	2	3	4
Ответ				

Задание № 4.

Дать основные характеристики кислородного баллона из углеродистой стали объёмом 40 л (ГОСТ949-73*): 1 – предельное рабочее давление, МПа; 2 – испытательное давление, МПа; 3 – состояние газа в баллоне; 4 – цвет окраски; 5 – цвет надписи "Кислород"; 6 – количество газа в баллоне, м^3 ; 7 – ёмкость баллона, м^3 ; 8 – высота, мм; 9 – диаметр, мм; 10 – толщина стенки, мм; 11 – масса баллона без газа, кг; 12 – остаточное давление в баллоне, МПа.

Вероятные ответы:

А – 6; Г - 1370; Ж -0,04; Л – 6,8;
 Б – голубой; Д - сжатый; З - 15; М – 58,5;
 В – чёрный; Е – 22,5; И - 219; Н – 0,05-0,1.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ												

Задание № 5.

Дать основные характеристики ацетиленового баллона из углеродистой стали объёмом $40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$: 1 – предельное рабочее давление, МПа; 2 – испытательное давление, МПа; 3 – состояние газа в баллоне; 4 – цвет окраски; 5 – цвет надписи "Ацетилен" на баллоне; 6 – количество газа в баллоне, м^3 ; 7 – ёмкость баллона, м^3 ; 8 – высота, мм; 9 – диаметр, мм; 10 – толщина стенки, мм; 11 – масса баллона без газа, кг; 12 – остаточное давление в баллоне, МПа;

Вероятные ответы:

А – 5,52; Г - $40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; З – 1,86; Н – растворённый;
 Б – 1350; Д - белый; К – 2,94; О – 5,2;
 В – 51,5; Ж - красный; М – 219; П – 0,1-0,2.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ												

Задание № 6.

Определить основные части постового однокамерного редуктора обратного действия (см. рис. А.1).

Наименование частей редуктора даны прописными буквами: А - клапан; Б – манометр высокого давления; В – камера высокого давления; Г – камера низкого давления; Д – манометр низкого давления; Е – штуцер подачи газа в горелку; Ж - мембрана; З – регулирующий винт; И – пружина высокого давления; К – пружина низкого давления; Л – предохранительный клапан.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ответ											

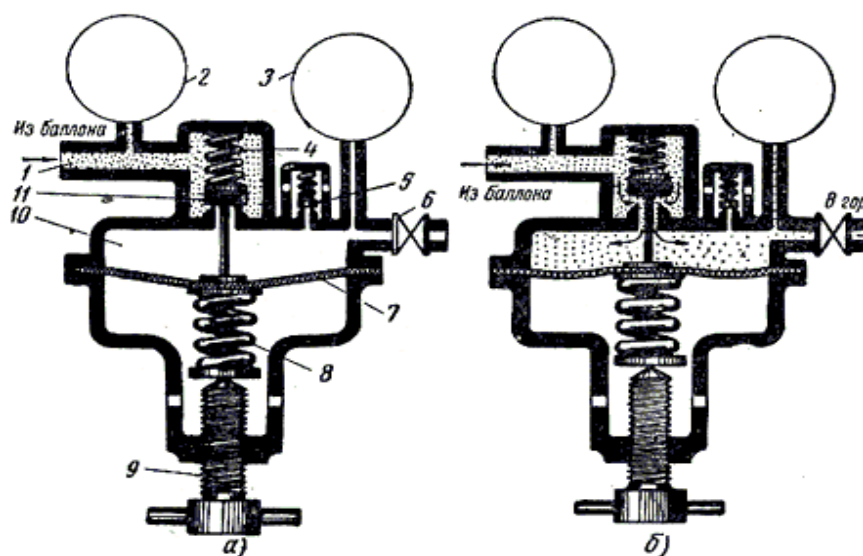


Рис. А.1

Задание № 7.

На рис. А.2 показаны три вида ацетилено-кислородного пламени, которые обозначены строчными буквами.

Назвать их виды: I – науглероживающее; II – нормальное; III – окислительное.

Вопрос	а	б	в
Ответ			

Задание № 8.

На рис. А.2 зоны пламени обозначены цифрами. Дать им наименование: А - ядро; Б - факел; В – восстановительная зона.

Вопрос	1	2	3
Ответ			

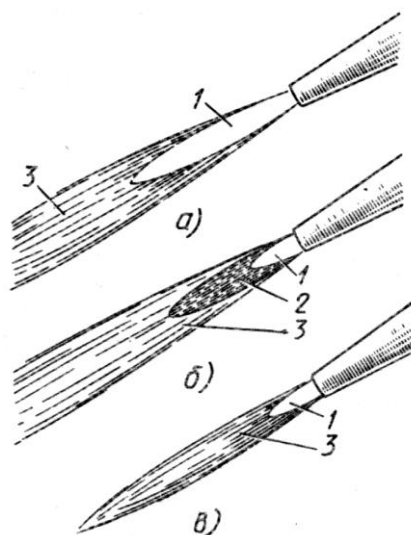


Рис. А.2

Задание № 9.

Пламя имеет три зоны: 1 - ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел.

В форме указать:

а) химический состав зоны (прописные буквы);

б) наименование веществ, входящих в химический состав зон пламени (строчные буквы).

Возможные ответы:

А - $CO + H_2$;

Б - $C_2H_2 + O_2$ $C_2H_2 + O_2$;

В - $CO_2 + H_2O + N$ из воздуха;

а – водород;

д – пары воды;

б – оксид углерода;

е – диоксид углерода (углекислый газ);

в – ацетилен;

ж – кислород.

г – азот;

Вопрос		1	2	3
Ответ	а			
	б			

Задание № 10.

Дать характеристику трём зонам пламени: 1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел.

Возможные ответы:

А – содержит углекислый газ, пары воды и азот. Может иметь желтоватую (копящую) или бледно-голубую окраску;

Б – Имеет тёмный цвет. Длина зоны достигает 20 мм. В зоне самая высокая температура. Этой частью пламени нагревают и расплавляют металл в процессе сварки и резки;

В – имеет чётко очерченную форму, близкую к форме цилиндра с закруглённым концом и ярко светящуюся оболочку, состоит из продуктов распада ацетилена с выделившимися раскалёнными частицами углерода.

Задание № 11.

Определить по рис. А.3 основные части инжекторного резака (цифры). Наименования их даны приписными буквами:

А – трубка для подачи режущего кислорода; Б – вентиль кислорода; В – вентиль режущего кислорода; Г – ниппель для присоединения шлангов ацетилена или горючего газа; Д – рукоятка; Е – ниппель для присоединения кислородных шлангов; Ж – инжектор; З – трубка для подачи горючей смеси; И – вентиль ацетилена или горючего газа; К – трубка для подачи горючей смеси; Л – головка; М – мундштуки; Н – накидная гайка; О – смесительная камера; П – мундштуки.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ответ															

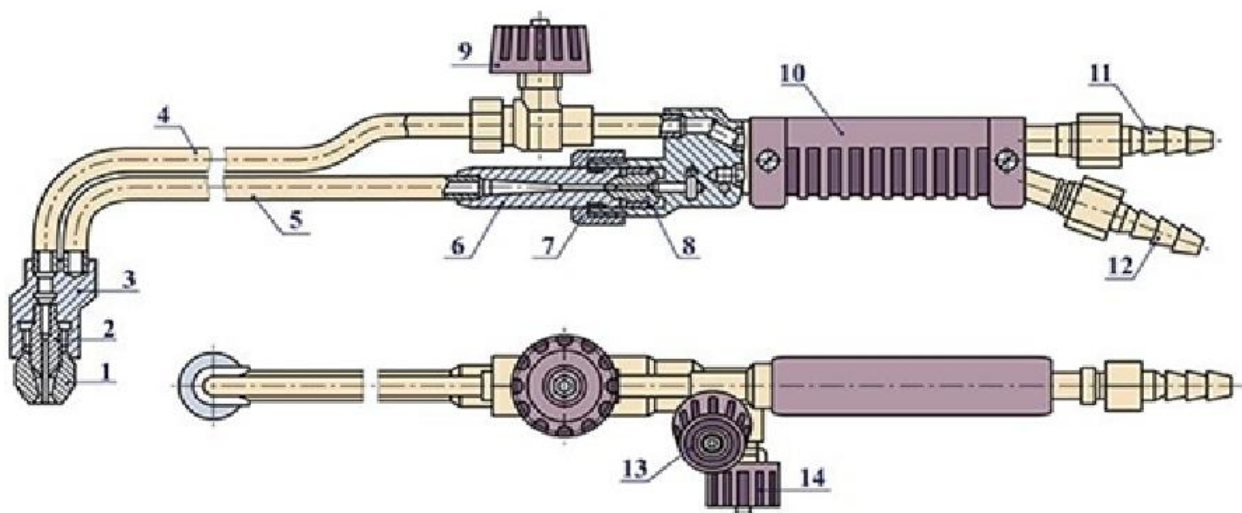


Рис. А.3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Т а б л и ц а Б.1

Варианты заданий для выполнения работы

Номер варианта	Толщина свариваемого металла S , мм	Длина шва L , мм	Номер варианта	Толщина свариваемого металла S , мм	Длина шва L , мм
1	0,5	250	16	8,0	500
2	1,0	260	17	8,5	470
3	1,5	270	18	9,0	440
4	2,0	280	19	9,5	410
5	2,5	290	20	10,0	380
6	3,0	300	21	11,0	350
7	3,5	320	22	12,0	320
8	4,0	340	23	13,0	290
9	4,5	360	24	14,0	260
10	5,0	380	25	15,0	230
11	5,5	400	26	16,0	220
12	6,0	420	27	17,0	240
13	6,5	440	28	18,0	310
14	7,0	460	29	19,0	330
15	7,5	480	30	20,0	350

ПРИЛОЖЕНИЕ В

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕДУКТОРОВ

№ п/п	Классификация согласно ГОСТ13861-89	Особенности, пояснения
1	По назначению и месту установки в системе питания:	
1.1.	- баллонные редукторы (Б);	используют для питания сварочного поста от единичных баллонов. Температурный режим работы: кислород, водород, ацетилен от -25°C до +50°C; пропан, метан от -15°C до +45°C
1.2.	- рамповые редукторы (Р);	используются в рамповых установках для централизованного газопитания нескольких сварочных постов. Температурный режим работы для всех газов -50 до +50°C
1.3.	- сетевые редукторы (С)	применяются в газосборных постах при централизованном газопитании сварочного поста от цеховых газопроводов. Температурный режим работы: кислород, водород, ацетилен от -25°C до +50°C; пропан, метан от -15°C до +45°C
2	По роду редуцируемого газа - редукторы для различных газов отличаются цветом:	
2.1.	- кислородные (К)	окрашивают в <i>голубой</i> цвет; крепится к баллону накидной гайкой с правой резьбой
2.2.	- ацетиленовые (А)	окрашивают в <i>белый</i> ; крепится к баллону хомутом с упорным винтом
2.3.	- для водорода (В)	окрашивают в <i>зеленый</i> ; крепится к баллону накидной гайкой с левой резьбой
2.4.	- для газов – заменителей ацетилена: пропан-бутана (П), метана (М) (кроме водорода)	окрашивают в <i>красный</i> цвет; крепится к баллону накидной гайкой с левой резьбой
3	По конструкции газовые редукторы могут быть:	
3.1.	- одноступенчатые (однокамерные) О – одноступенчатые с механической установкой давления; З – одноступенчатые с пневматической установкой давления.	используются чаще, просты по конструкции, дешевы
3.2.	-двухступенчатые Д – двухступенчатые с механической установкой давления	позволяют поддерживать рабочее давление с большей точностью, чем одноступенчатые. В этом случае давление понижается в двух ступенях: в первой ступени давление понижается с начальной величины 15 МПа до промежуточного 4МПа, а во второй – до конечного рабочего давления – 0,3 - 1,5 МПа. Двухступенчатые редукторы менее склонны к «замерзанию», но они сложнее по конструкции, чем однокамерные и значительно дороже
4	По принципу действия редукторы различают:	
4.1.	- редукторы прямого действия	здесь давление газа действует на клапан и стремится открыть его
4.2.	- редукторы обратного действия	здесь давление газа до редуцирования действует на клапан, стремясь закрыть его. Эти редукторы более надежны в работе, компактны и просты по конструкции