МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

Кафедра «Технология металлов и материаловедение»

ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
«Технология металлов и сварка» для студентов
направления подготовки бакалавров «Строительство»

Тверь 2016

УДК 621.791.55 (075.8)
ББК 34.641я.7

Рецензент доцент кафедры технологии металлов и материаловедения Тверского государственного технического университета, к.т.н., доцент Лаврентьев А.Ю.

Барчуков, Д.А. Основы газовой сварки: метод. указания / Д.А. Барчуков. Тверь: ТвГТУ, 2016. 16 с.

Предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Технология металлов и сварка» для студентов направления подготовки бакалавров «Строительство».

Настоящие указания станут полезной информацией для обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям при углубленном изучении раздела «Сварочное производство» в дисциплине «Технологические процессы в машиностроении».

Представлена информация о материалах, приспособлениях и оборудовании, применяемом в газовой сварке.

Рассмотрены технология и особенности назначения параметров режима газовой сварки.

Обсуждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры технологии металлов и материаловедения (протокол № 4 от 26 января 2016 г.).

© Тверской государственный
технический университет, 2016
© Барчуков Д.А., 2016

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Цель работы: получить знания о применяемых материалах, приспособлениях и оборудовании для газовой сварки, приобрести навыки определения параметров режима газовой сварки, научиться владеть основными технологическими приемами при выполнении газовой сварки.

Содержание работы. 1. Ознакомиться с применяемыми материалами, приспособлениями и оборудованием для выполнения газовой сварки. 2. Определить параметры режима газовой сварки по индивидуальным исходным данным. 3. С помощью учебного мастера выполнить технологический процесс газовой сварки низкоуглеродистой листовой заготовки по параметрам режима, указанным преподавателем. 4. Оформить письменный отчет по лабораторной работе.

Введение

Газовой сваркой называется сварка металлов методом плавления, при котором металл в зоне соединения расплавляется газовым пламенем, получаемого сгоранием горючих газов в атмосфере кислорода.

При нагреве газовым пламенем кромки свариваемых заготовок расплавляются вместе с присадочным металлом, который может дополнительно вводиться в пламя горелки. После затвердевания жидкого металла образуется сварной шов (рис. 1).

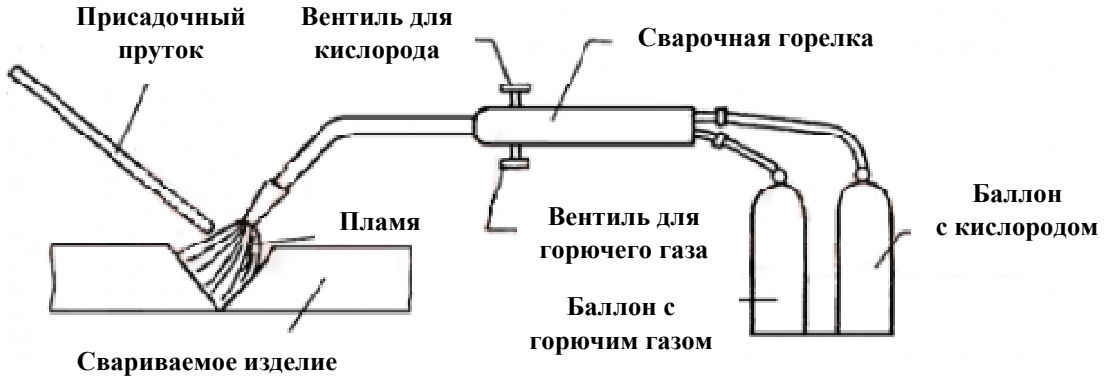

Рис. 1. Принципиальная схема газовой сварки

К преимуществам газовой сварки относятся: простота способа, несложность оборудования, отсутствие источника электрической энергии.

К недостаткам газовой сварки относятся: меньшая производительность,

сложность механизации, большая зона нагрева и более низкие механические свойства сварных соединений, чем при дуговой сварке.

Газовую сварку используют при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали толщиной 1…3 мм, сварке чугуна, алюминия, меди, латуни, наплавке твердых сплавов, исправлении дефектов литья и др.

Газовые смеси для сварки металлов

Кислород

Кислород при атмосферном давлении и обычной температуре – газ без цвета и запаха несколько тяжелее воздуха. При атмосферном давлении и температуре 20 °С масса 1 $м^3$ кислорода равна 1, 33 кг. Сгорание горючих газов и паров горючих жидкостей в чистом кислороде происходит очень энергично с большой скоростью, а в зоне горения возникает высокая температура.

Для получения сварочного пламени с высокой температурой необходимо для быстрого расплавления металла в месте сварки горючий газ или пары горючей жидкости сжигать в смеси с чистым кислородом.

При возникновении сжатого газообразного кислорода с маслом или жирами последние могут самовоспламеняться, что может быть причиной пожара. Поэтому при обращении с кислородными баллонами и аппаратурой необходимо тщательно следить за тем, чтобы на них не падали даже незначительные следы масла и жиров. Смесь кислорода с горючими жидкостями при определенных их соотношениях взрывается.

Технический кислород добывают из атмосферного воздуха который подвергают обработке в воздухоразделительных установках, где он очищается от углекислоты и осушается от влаги.

Жидкий кислород хранят и перевозят в специальных сосудах с хорошей теплоизоляцией. Для сварки выпускают технический кислород трех сортов:

высшего, чистотой не ниже 99,5 %;

1-го сорта, чистотой 99,2 %:

2-го сорта, чистотой 98,5 % по объему.

Масса кислородного баллона без предохранительного колпака и без башмака равна примерно 60 кг. На верхнюю часть баллона навинчивается предохранительный колпак, предохраняющий вентиль от механических повреждений во время транспортировки. Давление кислорода в баллонах для сварки составляет 15 000 кПа. Газовый объем баллонов зависит от давления наполнения и водяного объема. Например, если температура окружающей среды составляет 20 °С, а баллон имеет давление на манометре в 15 000 кПа и водяной объем составляет 40 $дм^3$, тогда в него вмещается 6 $м^3$ кислорода.

Ацетилен

Ацетилен используется для газовой сварки не в чистом виде. В свободном состоянии ацетилен особо взрывоопасен и поэтому его разбивают на мельчайшие частицы путем растворения в ацетоне. Такой метод позволяет заправить в баллон значительное количество ацетилена, так как растворенный в ацетоне ацетилен не взрывоопасен даже при давлении в 1 900 кПа. При расходе газа не более 1 700 дм^3/ час рекомендуют сохранять вертикальное положение баллона и при этом оставлять остаточное давление в баллоне, что позволит уменьшить потери ацетона при расходе ацетилена. Баллоны, используемые для газовой сварки, окрашивают в белый цвет, а надпись «АЦЕТИЛЕН» наносят красной краской.

Возможно получение ацетилена (C_2H_2) непосредственно по месту сварки в ацетиленовых генераторах. Для этого карбид кальция смешивают с водой. При этом происходит следующая химическая реакция:

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2 \qquad (1)$$

В генераторах КВ (карбид на воду) куски карбида кальция забрасываются небольшими порциями в воду. При этом происходит полное разложение карбида кальция с выделением хорошо очищенного от примесей и охлажденного ацетилена.

В генераторах ВК (вода на карбид) карбид кальция загружают в реторты, в которые подается вода. В контактной системе ВВ (вытеснение воды) карбид кальция периодически вступает в контакт с водой в зависимости от расхода ацетилена.

Для предохранения генератора от взрыва при обратном ударе служит предохранительный водяной затвор.

Газы – заменители ацетилена

При сварке металлов можно применять другие газы и пары жидкостей. Для эффективного нагрева и расплавления металла при сварке необходимо, чтобы температура пламени примерно в два раза превышала температуру плавления свариваемого металла. Для сгорания горючих различных газов требуется различное количество кислорода подаваемого в горелку.

Газы (заменители ацетилена) применяют во многих отраслях промышленности, поэтому их производство осуществляется в больших масштабах и они являются дешевыми, в этом их основное преимущество перед ацетиленом.

Вследствие более низкой температуры пламени этих газов их применение ограничено (табл. 1). При сварке стали с пропаном или метаном приходится применять сварочную проволоку, содержащую повышенное количество

кремния и марганца, используемых в качестве раскислителей, а при сварке чугуна и цветных металлов использовать флюсы. Газы (заменители с низкой теплопроводной способностью) неэкономично транспортировать в баллонах. Это ограничивает их применение для газопламенной обработки.

Таблица 1. Горючие газы для сварки

Горючие газы	Температура пламени при сгорании в кислороде t, °С	Коэффициент замены ацетилена
Ацетилен	3150	1,05
Водород	2400–2600	5,2
Метан	2400–2500	1,6
Пропан	2700–2800	0,6
Пары керосина	2400–2450	1–1,3

Редукторы газовых баллонов

Редукторы служат для понижения давления газа, отбираемого из баллонов (или газопровода), и поддержания этого давления постоянным независимо от снижения давления газа в баллоне. Принцип действия и основные детали у всех редукторов примерно одинаковы.

По конструкции бывают редукторы однокамерные (обратного действия) и двухкамерные (рис. 2).

а)

б)

Рис. 2. Редукторы понижения давления газа: а – однокамерный; б – двухкамерный

Двухкамерные редукторы имеют две камеры редуцирования, работающие последовательно, дают более постоянное рабочее давление и менее склонны к замерзанию при больших расходах газа.

Рукава (шланги) служат для подвода газа в горелку. Они должны обладать достаточной прочностью, выдерживать давление газа, быть гибкими и не стеснять движений сварщика. Шланги изготовляют из вулканизированной резины с прокладками из ткани. Выпускаются рукава для ацетилена и кислорода. Для бензина и керосина применяют шланги из бензостойкой резины.

Используемые при сварки металлов сварочные проволоки и флюсы

При сварке металлов, как правило, в качестве присадочного материала используют сварочные проволоки с близким или таким же химическим составом, как и свариваемый металл.

Диаметр проволоки чаще всего выбирают из интервала 0,3…12 мм с содержанием углерода до 0,2 %. Диаметр сварочной проволоки d определяется в зависимости от способа сварки, толщины свариваемых заготовок. Для сварки низкоуглеродистых сталей до 16 мм d определяется по формулам:

$$d = s/2 + 1, \text{ мм} \quad (2)$$

$$d = s/2, \text{ мм} \quad (3)$$

где s – толщина свариваемого металла. Формула (2) применяется для левого способа сварки, а формула (3) – для правого. При толщине металла более 16 мм диаметр проволоки должен составлять 8 мм.

Поверхность сварочной проволоки, используемой при сварке металлов, должна быть гладкой и без пятен ржавчины, масла, краски, без следов окалины и других видов загрязнений. Температура плавления используемой сварной проволоки должна быть равной температуре свариваемого металла или немного ниже. Проволока поставляется в большинстве случаев в виде прутков, реже в скрученном виде (рис. 3 а).

Сварочная проволока располагается под углом 30…40° к поверхности свариваемого металла.

При нагревании во время сварки алюминий, медь, магний и их сплавы вступают энергично в реакцию с кислородом воздуха или с кислородом сварочного пламени (при использовании сварки окислительным пламенем). При этом они образуют окислы с более высокой температурой плавления, чем свариваемый металл. Окислы способны покрыть тонкой пленкой капли расплавленного метала, тем самым сильно затрудняя плавление металла при сварке.

В целях защиты от окисления свариваемого металла и удаления уже образовавшихся окислов используют специальные пасты или порошки, которые называют флюсами (рис. 3 б). Флюсы предварительно наносятся на

присадочную проволоку и на кромки свариваемого металла. При нагревании металла они расплавляются, образуя всплывающие на поверхность жидкого металла легкоплавкие шлаки, не позволяющие развиваться процессам окисления.

а)

б)

Рис. 3. Используемые при сварке материалы: а – сварочная проволока; б – флюс

В зависимости от вида и свойств используемого при сварке металла выбирают состав флюсов. В качестве флюсов используют борную кислоту, прокаленную буру и др. Флюсы используют при сварке специальных легированных сталей, чугуна а также меди и ее сплавов. Флюсы не используются при сварке углеродистых сталей.

Сварочные горелки

Сварочная горелка служит основным инструментом при газовой сварке. В горелке смешивается в необходимых пропорциях кислород и ацетилен, образуя горючую смесь. Последняя, выходя из канала мундштука горелки с заданной скоростью, сгорает и образует устойчивое пламя, которым расплавляют основной и присадочный металлы в зоне сварки. Горелка служит также для регулирования тепловой мощности пламени путем изменения расхода горючего газа и кислорода.

Горелки бывают инжекторные и безинжекторные. Они служат для сварки, пайки, наплавки, подогрева стали, чугуна и цветных металлов. Наибольшее распространение получили горелки инжекторного типа (рис. 4).

Горелка состоит из мундштука и соединительного ниппеля 1, трубки наконечника 2, смесительной камеры 3, инжекторной камеры 4, инжектора 5,

кислородного и ацетиленового вентилей 6 и 7 соответственно, ацетиленового канала 8, а также корпуса и рукоятки.

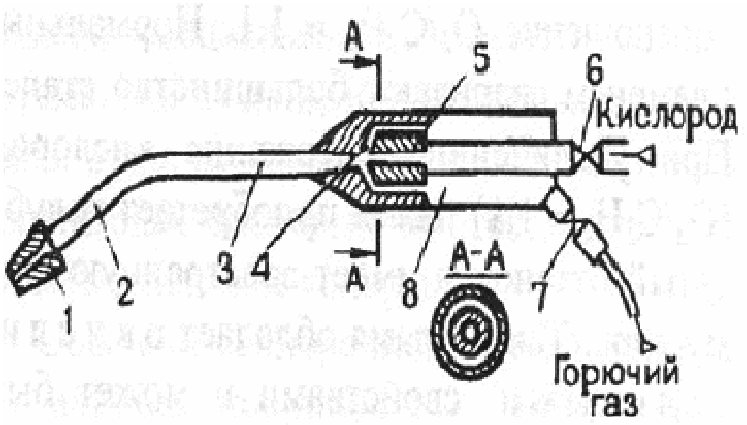

Рис. 4. Схема инжекторной горелки

Горелки делятся по мощности пламени:

микромалой мощности (лабораторные) Г–1;

малой мощности Г–2. Расход ацетилена от 25 до 700 л/ч, кислорода от 35 до 900 л/ч. Комплектуются наконечниками №№ 0…3;

средней мощности Г–3. Расход ацетилена от 50 до 2 500 л/ч, кислорода от 65 до 3 000 л/ч. Наконечники №№ 1…7;

большой мощности Г– 4.

К горелке подбирается один из набора сменных наконечников, номер которого зависит от расхода ацетилена и (или) толщины свариваемого металла (табл. 2).

Таблица 2. Параметры сварочных горелок типа Г–2 и Г–3

Параметры	Номера наконечников							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм	0,3–0,6	0,5–1,5	1,0–2,5	2,5–4,0	4–7	7–11	10–18	17–30
Расход, л/ч:								
кислорода	28–70	55–135	130–260	250–440	430–750	740–1200	1150–1950	1900–3100
ацетилена	25–60	50–125	120–240	230–400	400–700	660–1100	1050–1750	1700–2800
Давление на входе в горелку, Па (10^7):								
кислорода	0,8–4	1–4	1,5–4	2–4	2–4	2–4	2–4	2–4
ацетилена			0,01–1,0					

Ацетиленокислородное пламя

Внешний вид, температура и влияние сварочного пламени на расплавленный металл зависят от состава горючей смеси, т.е. соотношения в ней кислорода и ацетилена. Изменяя состав горючей смеси, сварщик изменяет свойства сварочного пламени. Изменяя соотношение кислорода и ацетилена в смеси, можно получать три основных вида сварочного пламени (рис. 5). Для сварки большинства металлов применяют нормальное (восстановительное) пламя (рис. 5 б). Окислительное пламя (рис. 5 в) применяют при сварке с целью повышения производительности процесса, но при этом необходимо пользоваться проволокой, содержащей повышенное количество марганца и кремния в качестве раскислителей, оно также необходимо при сварке латуни и пайке твердым припоем. Пламя с избытком ацетилена (науглероживающее, рис. 5 а) применяют при наплавке твердыми сплавами. Пламя с незначительным избытком ацетилена используют для сварки алюминиевых и магниевых сплавов.

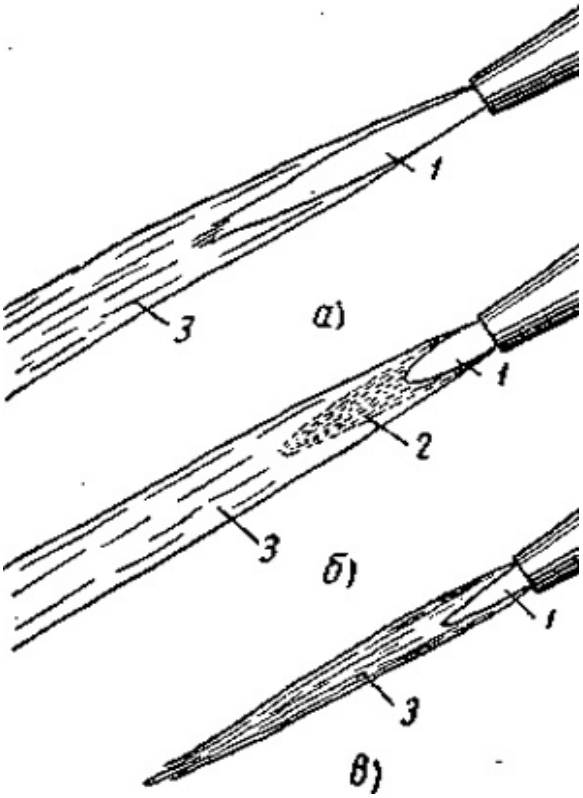

Рис. 5. Строение трех видов пламени: а – науглероживающего; б – нормального; в – окислительного. 1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел

При сварке нагревают и расплавляют металл второй зоной пламени, т.к. в этой зоне наблюдается максимальная температура (3 150 °С на расстоянии 2…6 мм от ядра) и за счет восстановительных свойств образующихся здесь газов ($CO + H_2$) происходит защита свариваемого металла от окисления.

Технология газовой сварки

Техника сварки (расположение горелки и сварочной проволоки, направление их движения, угол наклона к поверхности свариваемого металла) и режим сварки (мощность пламени и скорость сварки) определяют ее эффективность. Газовую сварку выполняют левым и правым способами (рис. 6).

а) б)

Рис. 6. Технология газовой сварки: а – левый способ сварки; б – правый способ сварки

При правом способе (рис. 6 а) сварку ведут слева направо, сварочное пламя направляют на сваренный участок шва, а присадочную проволоку перемещают вслед за горелкой. Так как при правом способе пламя направлено на сваренный шов, то обеспечивается лучшая защита сварочной ванны от кислорода и азота воздуха, большая глубина плавления, замедленное охлаждение металла шва в процессе кристаллизации.

Теплота пламени рассеивается меньше, чем при левом способе, поэтому угол разделки кромок делается не 90° , а 60…70° , что уменьшает количество наплавленного металла и коробление. При правом способе производительность на 20…25 % выше, а расход газов на 15…20 % меньше, чем при левом. Правый способ целесообразно применять при сварке металла толщиной боле 5 мм и металлов с большой теплопроводностью.

При левом способе (рис. 6 б) сварку ведут справа налево, сварочное пламя направляют на еще не сваренные кромки металла, а присадочную проволоку перемещают впереди пламени. При левом способе сварщик хорошо видит свариваемый металл, поэтому внешний вид шва лучше, чем при правом способе; предварительный подогрев кромок свариваемого металла обеспечивает хорошее перемешивание сварочной ванны. Благодаря этим свойствам левый способ наиболее распространен и применяется для сварки тонколистовых материалов и легкоплавких металлов.

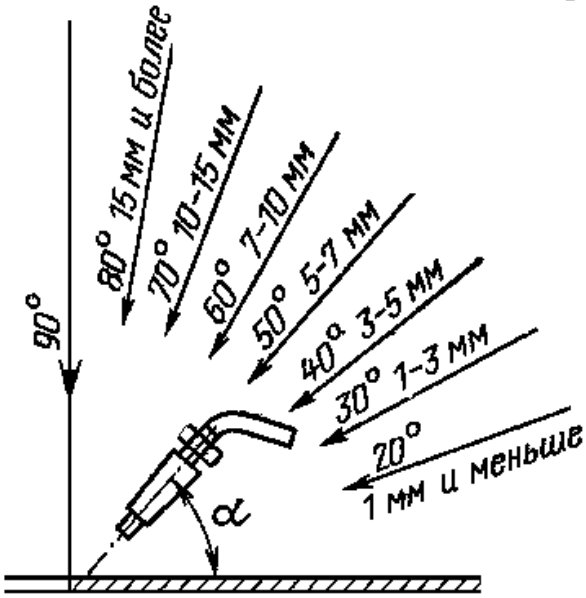

Рис. 7. Диаграмма определения угла наклона мундштука горелки α

Угол наклона мундштука горелки α влияет на глубину проплавления кромок, на скорость нагрева и зависит от толщины листов и теплофизических свойств металла. Чем тоньше металл и ниже его теплопроводность, тем меньше угол наклона горелки и наоборот. На рис. 7 показана диаграмма определения углов наклона мундштука горелки в зависимости от толщины свариваемой заготовки.

Мощность пламени (Q, л/ч) при правом способе выбирают из расчета 150 л/ч ацетилена, а при левом – 100 л/ч на 1 мм толщины свариваемого металла. Зная мощность пламени, подбирают горелку и номер наконечника (см. табл. 2).

Скорость сварки определяют по формуле:

$$V = K/s, \text{ м/ч} \qquad (4)$$

где К – коэффициент, зависящий от свойств металла и равный 12 – для левого способа сварки и 15 – для правого способа сварки; s – толщина металла, мм.

Область применения газовой сварки

Основным типом сварного соединения при газовой сварке является стыковое: угловые, тавровые и нахлесточные соединения применяются только для небольших толщин, так как газовая сварка вызывает деформации. Швы свариваются в различных пространственных положениях, однослойные – при толщине до 5 мм и многослойные. Толщина слоя многослойной сварки составляет 3…8 мм в зависимости от толщины и размеров изделий.

Газовая сварка применяется, главным образом, для сварки заготовок небольшой толщины практически всех сплавов, при наплавке и ремонтных работах, при монтаже труб малых диаметров.

Задание

По заданному преподавателем варианту исходных данных (табл. 3) определить параметры режима газовой сварки листовой конструкции из низкоуглеродистой стали.

Таблица 3. Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Толщина заготовки s, мм	0,5	0,7	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	30
Вид шва	Нижний или вертикальный								Нижний, горизонтальный или потолочный						

Определить следующие параметры режима газовой сварки:

1) вид пламени (см. стр. 10);
2) способ сварки (см. стр. 12);
3) угол наклона мундштука горелки α (см. стр. 11);
4) мощность пламени Q, л/ч (см. стр. 12);
5) скорость сварки V, м/ч (см. стр. 12);
6) материал, угол наклона и диаметр сварочной проволоки (см. стр. 7);
7) способ защиты металла от окисления (см. стр. 10);
8) тип сварочной горелки и номер наконечника (см. табл. 2, стр. 9);

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с содержанием методических указаний к лабораторной работе.
2. Определить параметры режима газовой сварки по заданным исходным данным.
3. Подготовить и изучить необходимые материалы, приспособления и оборудование для выполнения газовой сварки.
4. Под непосредственным контролем учебного мастера выполнить газовую сварку двух листовых заготовок из низкоуглеродистой стали в соответствии с параметрами режима сварки, указанными преподавателем.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Конспект теоретической части (не более 0, 5 стр.).
2. Схема инжекторной горелки (см. рис. 4).
3. Исходные данные (см. табл. 3, стр. 13) по заданному преподавателем варианту.
4. Восемь параметров режима газовой сварки, определенные по исходным данным.
5. Эскиз сварного соединения, полученного газовой сваркой при помощи учебного мастера.
6. Сравнительный анализ газовой сварки с ручной дуговой сваркой с точки зрения производительности, себестоимости, мобильности и качества сварного соединения.

Контрольные вопросы

1. Какие горючие газы применяют при газовой сварке? Почему среди них наиболее распространен ацетилен?
2. Какие мероприятия по технике безопасности должны выполняться при эксплуатации кислородных и ацетиленовых баллонов?
3. Каково назначение редуктора, применяемого при газовой сварке?
4. Поясните схемы конструкций ацетиленовых генераторов.
5. Какие горелки применяются для газовой сварки? Почему при газовой сварке применяются преимущественно инжекторные горелки?
6. Назовите виды пламени. Почему при сварке низкоуглеродистых сталей применяется только нормальный вид пламени?
7. Какие химические реакции протекают в ацетиленокислородном пламени?

8. Какова роль флюсов при сварке? Почему при сварке алюминия применяются бескислородные флюсы?
9. От каких факторов зависит выбор марки сварочной проволоки для газовой сварки?
10. Почему содержание углерода в сварочной проволоке, применяемой при газовой сварке, как правило, меньше, чем в свариваемой стали?
11. В чем отличие друг от друга правого и левого способов сварки?
12. Почему левый способ рекомендуется применять при сварке легкоплавких сплавов и малых толщин металла?
13. Как определяется мощность пламени? Почему для сварки цветных металлов применяется более мощное пламя, чем для сварки сталей?
14. Какие типы сварных соединений применяются при газовой сварке?

Библиографический список

1. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резке: учебник для вузов / А. И. Акулов [и др.].; под ред. А.И. Акулова. 2-е изд.; испр. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 559 с.
2. Арзамасов, В.Б. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / В. Б. Арзамасов [и др.].; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепахина. М.: Академия, 2007. 447 с.
3. Козловский, С.Н. Введение в сварочные технологии: учеб. пособие / С.Н. Козловский. СПб.: Лань, 2011. Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: http://e.lanbook.com/register.php

Барчуков Дмитрий Анатольевич

Основы газовой сварки

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
«Технология металлов и сварка» для студентов
направления подготовки бакалавров «Строительство»

Корректор Ю.В. Крылова
Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Подписано в печать 26.01.2016
Формат 60×84 1/16 Бумага писчая
Физ. печ. л. 1,0 Усл. печ. л. 0,93 Уч.-издат. л. 0,87
Тираж 100 экз. Заказ № 7 С – 7

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22