



Раздел II. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ.

Тема 2.3. Сварка и резка металлов.

Занятие №1.

Учебные вопросы:

1. Общие понятия о сварке и её виды
2. Достоинства и недостатки сварных соединений. Виды сварных соединений и швов
3. Газовая сварка металлов, оборудование, материалы, применяемые для газовой сварки, технология сварки
4. Газовая резка металлов
5. Электродуговая сварка, её виды, технология сварки, оборудование

1. Общие понятия о сварке и её виды

Сварка металлов широко применяется в народном хозяйстве нашей страны. Наиболее распространенным видом сварки металлов является электрическая сварка. Началом ее развития следует считать открытие электрической дуги великим русским физиком и первым русским электротехником академиком В. В. Петровым в 1802 г. Им были даны первые указания об использовании электрической дуги для электрического освещения и расплавления металлов.

Великая заслуга в изобретении электрической сварки металлов принадлежит талантливым русским изобретателям Н. Н. Бенардосу и Н. Г. Славянову (в 1882 г. Бенардос предложил применение электрической дуги для сварки угольным электродом, а в 1888 г. Славянов применил сварку металлическим электродом). Ими (впервые в мире) изобретены сварочные автоматы и машины, разработаны основные положения автоматической сварки под слоем флюса.

В настоящее время сварка почти совершенно вытеснила клепку, а в некоторых случаях сварка конструкции заменила литые и кованные узлы.

Преимущества сварки в том, что ее применение дает экономию металла, времени и рабочей силы, а также более низкую стоимость узлов деталей. Сварные конструкции за счет устранения дополнительных соединительных элементов имеют меньшую массу по сравнению с клепаными, а при замене сварными конструкциями литых экономия в массе достигает 50%. Кроме того, при замене клепки сваркой отпадает целый ряд операций: разметка отверстий, клепка и т. д. При сварке требуется только зачистка швов.

Классификация видов сварки

Сваркой называется процесс неразъемного соединения металлов с применением местного нагрева их до состояния плавления или до пластического состояния.

При сварке плавлением металл по кромкам свариваемых деталей расплавляется, перемешивается с расплавленным металлом электродного стержня и, охлаждаясь, образует сварное соединение.

При пластической сварке металл соединяемых поверхностей разогревается только до размягченного, пластического состояния. Для образования сварного соединения необходимо приложить механическое усилие, вызывающее пластическую деформацию в соединяемых частях.

По виду энергии, используемой для нагрева металла, сварку разделяют на химическую и электрическую. При химической сварке нагрев свариваемых частей происходит за счет энергии химических реакций. Химическая сварка подразделяется на горновую, газовую и термитную.

При газовой сварке нагрев металла производится пламенем сжигаемого газа. При термитной сварке тепло для нагрева деталей образуется при сгорании термита, представляющего

собой механическую смесь порошка металлического алюминия и железной окалины. При термитной сварке температура достигает 3000°C .

Электрическая сварка подразделяется на электродуговую и контактную. При электродуговой сварке нагрев металла осуществляется за счет горения электрической дуги, а при контактной сварке — за счет проходящего тока.

2. Достоинства и недостатки сварных соединений. Виды сварных соединений и швов

Достоинства и недостатки сварных соединений по сравнению с заклепочными соединениями

Достоинства:

- 1) простота конструкции сварного шва и меньшая трудоемкость;
- 2) снижение массы конструкции;
- 3) возможность соединения деталей любых форм;
- 4) герметичность соединения;
- 5) малозумность технологического процесса;
- 6) сравнительно легкая возможность автоматизации процесса;
- 7) в целом сварное соединение дешевле заклепочного.

Недостатки:

- 1) возникновение остаточных напряжений в свариваемых элементах;
- 2) коробление деталей;
- 3) недостаточная надежность при значительных вибрационных и ударных нагрузках.

Виды сварных соединений и швов

При сварке применяют следующие соединения: стыковые (рис. 1.1), внахлестку, тавровые и боковые или угловые. При сварке встык в зависимости от толщины свариваемого металла его подвергают разделке для обеспечения полного расплавления кромок свариваемых изделий. Разделка кромок металла небольшой толщины не требуется, и кромки стыкуются с незначительным зазором (рис. 1.2). При большой толщине металла (6—80мм) электродуговую сварку производят с V-образной (рис. 1.2) или X-образной разделкой кромок с зазором между свариваемыми изделиями 2—4 мм для улучшения провара и притуплением 2—4 мм для предупреждения проплавления листов. X-образную разделку применяют для уменьшения деформации металла, что достигается более равномерным нагревом металла ввиду симметричного шва, а также для экономии электродов.

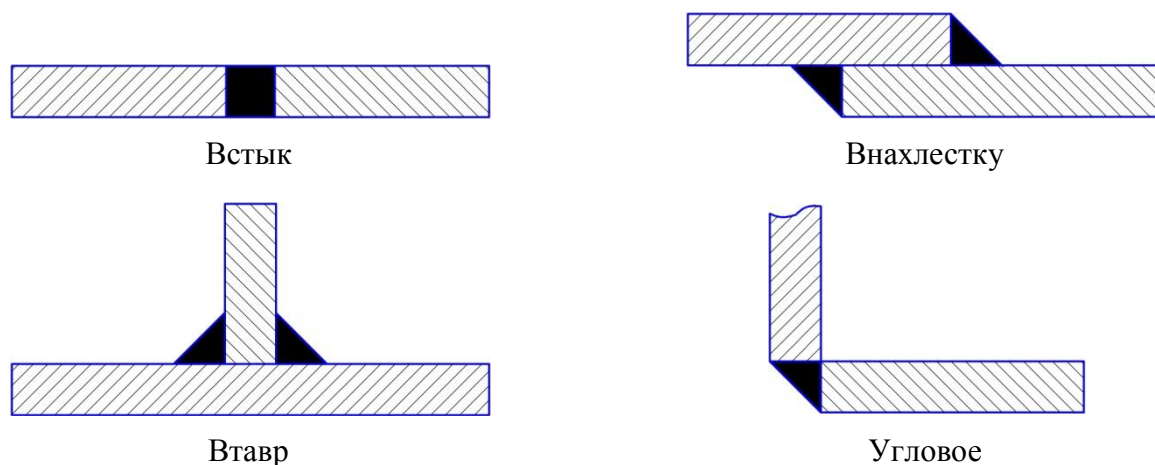


Рис. 1.1. Виды сварных соединений

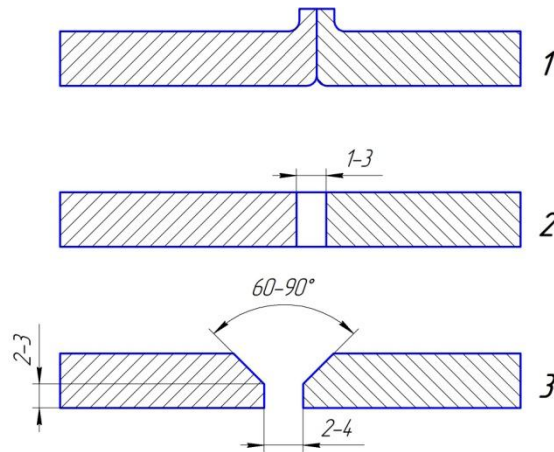


Рис. 1.2. Способы подготовки кромок под сварку

По расположению швы при сварке подразделяются (рис. 1.3) на нижние, горизонтальные, вертикальные и потолочные.

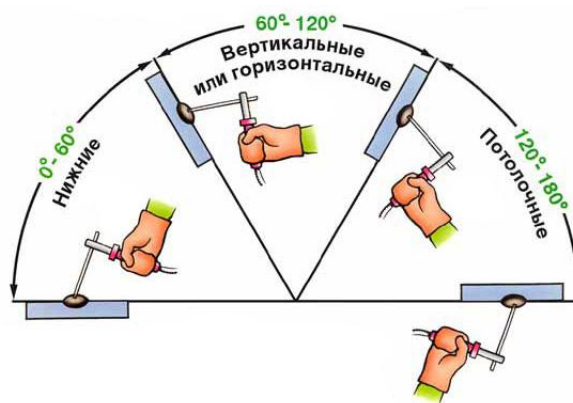


Рис. 1.3. Виды сварных швов

По форме поперечного сечения швы бывают (рис. 1.4, а) нормальные 1, прослабленные 2 и усиленные 3.

В зависимости от расположения шва относительно действующего усилия швы подразделяются на лобовые 1, фланговые 2 и косые 3 (рис. 1.4, б).

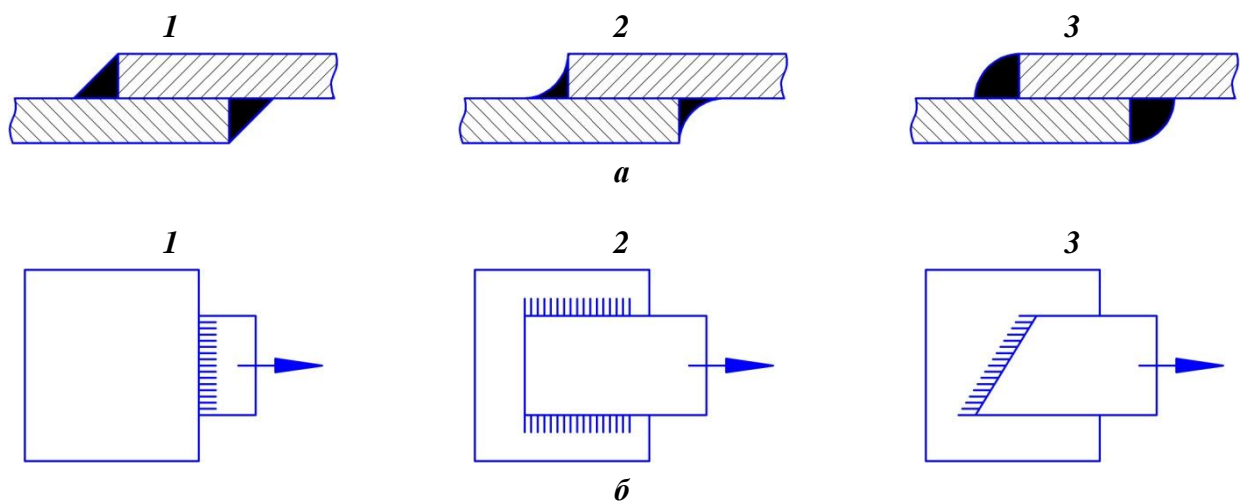


Рис. 1.4. Профили швов (а) и расчетные швы (б)

3. Газовая сварка металлов, оборудование, материалы, применяемые для газовой сварки, технология сварки

Газовой сваркой называется процесс получения неразъемного соединения путем расплавления кромок свариваемого металла при сгорании горючего газа в струе кислорода. Газовая сварка широко применяется при изготовлении тонкостенных конструкций, а также при ремонте техники.

В качестве горючих газов можно применять ацетилен, водород, природный газ, пары бензина и др. При выборе горючего газа исходят из его теплотворной способности, температуры пламени, экономичности и возможности получения на месте сварки. Наилучшим газом по этим признакам является ацетилен (C_2H_2). Это бесцветный газ с резким специфическим запахом. При нормальных условиях легче кислорода. На воздухе горит белым коптящим пламенем при $420—430^{\circ}C$. При сгорании в струе кислорода пламя имеет температуру $3100—3800^{\circ}C$. В смеси с воздухом и под давлением ацетилен взрывоопасен. Ацетилен получают в специальных ацетиленовых генераторах путем действия на карбид кальция водой. Хранится и транспортируется ацетилен в металлических баллонах, окрашенных в белый цвет. На баллоне в верхней части черной краской делают надпись «Ацетилен». В баллонах ацетилен находится под давлением $1,5—1,6$ МПа. Технический кислород для сварки поступает к сварочным постам в баллонах, окрашенных в голубой цвет, под давлением 15 МПа.

Баллоны представляют (рис. 1.5) собой металлический сосуд цилиндрической формы. Вентиль баллона имеет боковой штуцер для подсоединения редуктора. На горловину баллона плотно насажено кольцо с резьбой для навинчивания предохранительного колпака. Баллоны раз в пять лет подлежат испытанию.

Для понижения давления газа до рабочего и поддержания этого давления постоянным в процессе сварки применяют редукторы. Газ поступает от баллонов к сварочной горелке по шлангам (для ацетилена применяется шланг прокладочной конструкции, для кислорода — оплеточной конструкции).

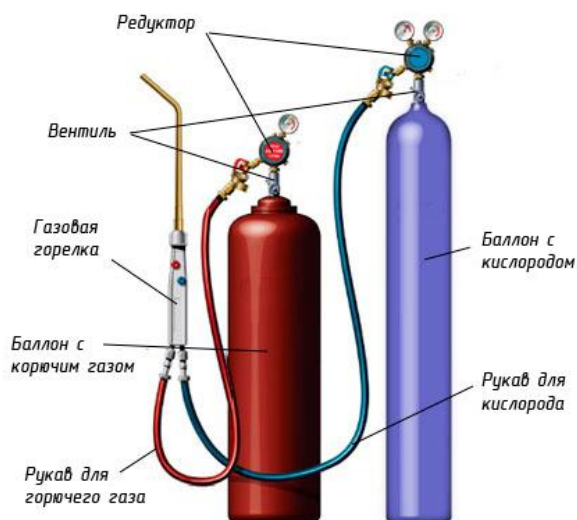


Рис. 1.5. Комплект для газовой сварки

Горелка предназначена для смешивания в необходимых количествах кислорода с горючим газом, подачи горючей смеси к месту сварки и создания факела пламени с необходимой температурой. По принципу действия горелки подразделяются на инжекторные и безинжекторные. Наибольшее применение имеют инжекторные горелки (рис. 1.6), работающие на ацетилене низкого давления. В этих горелках кислород из баллонов по шлангу поступает к ниппелю 9 и

затем по трубке 7 в сопло инжектора 4. Кислород из инжектора выходит с большой скоростью, в результате чего создается разрежение в ацетиленовой камере 5, обеспечивающее подсос ацетилена через ниппель 8 в смесительную камеру 3. Полученная смесь по трубке наконечника 2 поступает в мундштук 1 и по выходе из него сгорает. Регулирование состава смеси производится вентилями 6, расположенными в корпусе 10. Для сварки применяют присадочный материал — проволоку по химическому составу подобную свариваемым металлам. Для защиты лица необходимо применять защитный щиток.

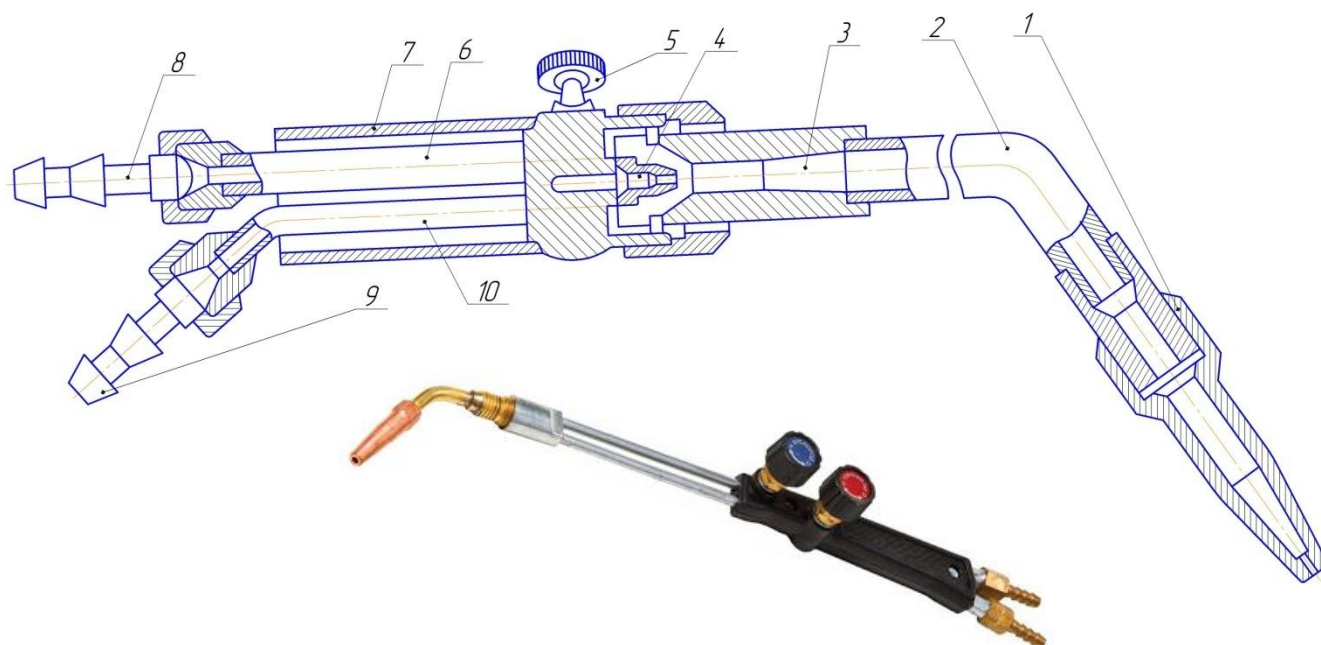


Рис. 1.6. Схема инжекторной горелки

Сварочную горелку подбирают по номеру мундштука, который зависит от сечения выходного отверстия. Всего имеется девять номеров — 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. В табл. 1.1 приведена техническая характеристика сварочной инжекторной горелки типа СУ.

Таблица 1.1

Характеристика сварочной инжекторной горелки типа СУ

Характеристика горелки	Номер мундштука								
	00	0	1	2	3	4	5	6	7
Расход кислорода, л/ч	75	85	165	330	550	825	1320	1870	2750
Расход ацетилена, л/ч	65	75	150	300	500	750	1200	1700	2500
Толщина свариваемых листов, мм	0,3	0,3—1,0	1,1—2,0	2,1—4,0	4,1—6,0	7—9	10—14	15—20	21—30

Сварку обычно производят нормальным пламенем. Для получения нормального пламени необходимо, чтобы в смеси газов на один объем химически чистого кислорода приходился один объем ацетилена. На рис. 1.7 показана схема строения нормального сварочного пламени, образующегося при горении ацетилена. Пламя состоит из трех зон: ядра 1, восстановительной 2 и окислительной 3. Во избежание сильного науглероживания металла ядро пламени не должно касаться поверхности металла.

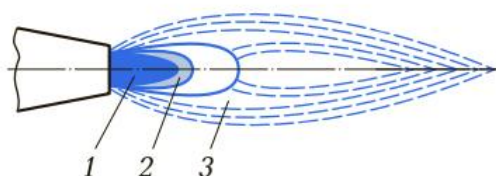


Рис. 1.7. Строение нейтрального пламени

Различают два способа газовой сварки — левый и правый.

При **правом способе газовой сварки** (рис 1.8, *а*), её выполняют слева направо, поток сварочного пламени направляется на уже сваренный участок металла. Горелка 5 движется впереди присадочной проволоки 3 и расплавляет основной металл 2. При этом поток газового пламени 4 направляется на образующийся сварной шов 1.

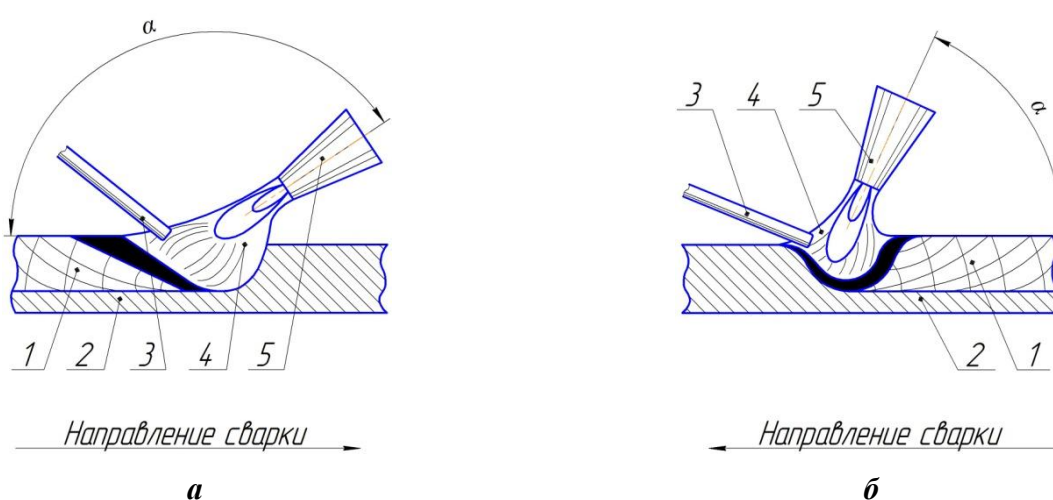


Рис. 1.8. Способы газовой сварки

Преимущества правого способа состоят в том, что сварочная ванна лучше защищена от проникновения в неё азота и кислорода из воздуха, увеличивается глубина проплавления основного металла и замедляется охлаждение металла сварного шва при его остывании. Эти преимущества получаются из-за того, что поток газового пламени, в процессе сварки металла, направлен на образующийся сварной шов.

При правом способе сварки пламя сварочной горелки ограничено с обеих сторон сварными кромками, а спереди — наплавленным сварным швом. Такое ограничение пламени снижает рассеивание теплоты и повышает степень её использования. Исходя из этого, суммарный угол разделки при таком способе, выполняют 60—70°, вместо 90°. Это позволяет уменьшить объём наплавленного металла и уменьшить поводки и коробление.

Правый способ сварки позволяет увеличить производительность работы на 20—25%, по сравнению с левым способом. При этом расход горючих газов для газовой сварки снижается на 15—20%. Данный способ сварки целесообразнее применять при сваривании металлов, толщиной более 5 мм, а также для сваривания металлов большой теплопроводности, например, для сварки меди или для сварки алюминия.

При **левом способе газовой сварки**, сварочная горелка движется справа налево, вслед за присадочным прутом (рис. 1.8, *б*). При этом поток газового пламени направлен на ещё не сваренные кромки металла, подогревая их и подготавливая металл к сварке.



Преимущества левого способа сварки состоят в том, что сварщику хорошо видно свариваемый металл, в результате внешний вид шва лучше и постоянную геометрию шва (высота и ширина) обеспечить проще. При сварке левым способом сварочное пламя свободно растекается по большой площади свариваемого металла, не концентрируясь в одном месте. И это существенно снижает вероятность пережога металла. Кроме того, предварительный подогрев свариваемого металла способствует тщательному перемешиванию расплавленной ванны.

Из-за этих преимуществ левый способ особенно часто применяют при сварке тонкого металла, а также при сварке легкоплавких материалов.

Для получения качественного сварного шва необходимо правильно подобрать номер мундштука, отрегулировать состав газовой смеси, а также выбрать способ сварки и диаметр присадочного прутка.

Выбор способа сварки зависит не только от толщины свариваемых деталей, но и от пространственного положения сварного соединения. При сварке в нижнем положении, способ сварки выбирают, как уже говорилось выше, в зависимости от толщины свариваемых деталей.

При сварке вертикальных типов снизу вверх, выбирают левый способ газовой сварки (справа налево), когда горелка движется за присадочной проволокой. При сварке горизонтальных швов поток газового пламени из сварочной горелки направляют на формирующийся шов и также выбирают левый способ сварки (справа налево). Для того, чтобы жидкий металл не вытекал из расплавленной ванны, её выполняют с небольшим перекосом.

Для сварки потолочных швов предпочтительным является правый способ сварки. При таком способе сварки, сварочное пламя направляется напрямую на образующийся сварной шов, и препятствует стеканию расплавленного металла из жидкой ванны.

Диаметр присадочного прутка выбирается в зависимости от толщины свариваемого изделия и определяется по формуле:

$$d = \frac{\delta}{2} + 1, \quad (1.1)$$

где d — диаметр присадочного прутка, мм;
 δ — толщина свариваемого металла, мм.

Мощность пламени определяется толщиной и физическими свойствами материала изделия. Расход ацетилена вычисляется по формуле:

$$A = K + \delta, \quad (1.2)$$

где A — расход ацетилена, л/ч;
 δ — толщина свариваемого металла, мм;
 K — коэффициент, равный для чугуна, малоуглеродистой стали и алюминия 100—120, для меди 160—200, для нержавеющей стали 75—100.

4. Газовая резка металлов

Кислородная (газовая) резка основана на свойстве металлов и их сплавов сгорать в струе кислорода с выделением большого количества теплоты. Резке поддаются только те металлы, у которых температура горения ниже температуры плавления, например железо, углеродистая сталь с содержанием до 0,7% углерода, низколегированная сталь и некоторые сорта высоколегированной стали. Чугун, цветные металлы и их сплавы не поддаются газовой резке. Поверхность разрезаемой стали должна быть очищена от грязи и ржавчины. Край детали, от которой начинается резка, должен быть подогрет пламенем резака до температуры воспламенения стали

в кислороде (1050—1150°C). Затем режущей струей чистого кислорода сжигают нагретый участок. Нижележащие слои металла нагреваются за счет тепла, полученного от сгорания железа, и только частично — подогревательным пламенем резака. Образовавшиеся при горении металла шлаки выдуваются той же струей кислорода.

Для резки применяют специальные резаки, которые отличаются от обычной сварочной горелки наличием специального канала для подведения режущей струи кислорода. Резак состоит из двух основных частей — ствола и наконечника (рис. 1.9). Ствол имеет рукоятку 7, ниппели для подвода ацетилена 4, кислорода 3, ацетиленовую 5 и кислородную 6 трубки. Наконечник состоит из инжектора 11, смесительной камеры 12, трубки подачи смеси 13, головки резака 14 со сменными внутренними (режущим) 16 и наружным (подогревающим) 15 мундштуками, трубки режущего кислорода 1 и вентиля 2. Работу горелки обеспечивает кислородный 9 и ацетиленовый 10 вентили, расположенные на корпусе горелки 8. Данная конструкция резака применяется при использовании пропано-бутановых смесей и естественного газа. При использовании вместо ацетилена паров керосина или бензина применяются керосинорезы.

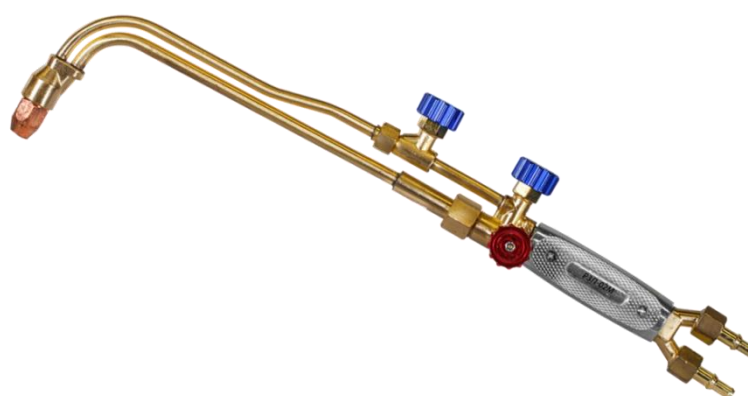
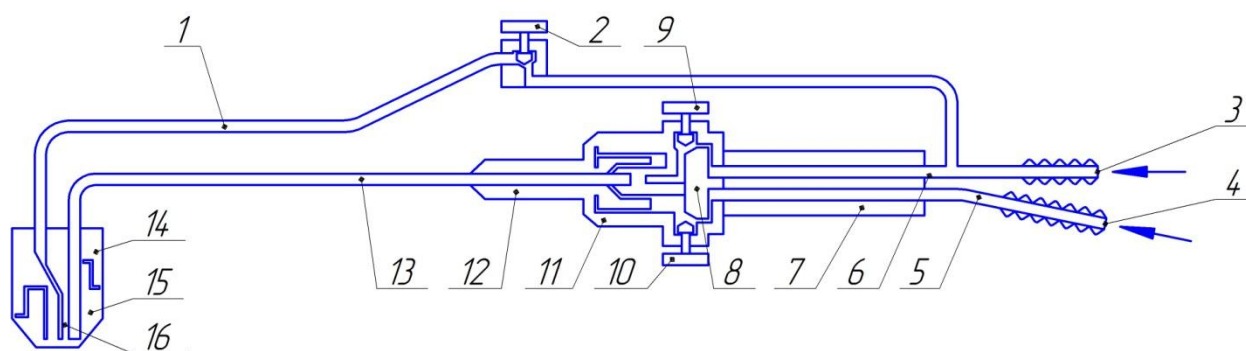


Рис. 1.9. Резак УР

5. Электродуговая сварка, её виды, технология сварки, оборудование

Электродуговой сваркой называется процесс получения неразъемного соединения путем нагрева и расплавления кромок свариваемых деталей за счет тепла электрической дуги. Известно, что при размыкании электрической цепи в месте разрыва ее проскакивает искра, образование которой связано с прохождением тока через воздушное пространство. Если зазор между контактами выдерживать в небольших пределах, то проскакивание искры будет происходить непрерывно, т. е. будет гореть электрическая дуга. Сварочная дуга состоит из сердцевины (величиной со спичечную головку) ярко-белого цвета с температурой 6000°C и арсола-пламени, которое защищает зону плавления от окисления кислородом воздуха. Под действием тепла, выделяемого электрической дугой, кромки свариваемых деталей и электрод плавятся. При перемещении электрода ванна расплавленного металла перемещается и после охлаждения образует сплошной шов-валик.

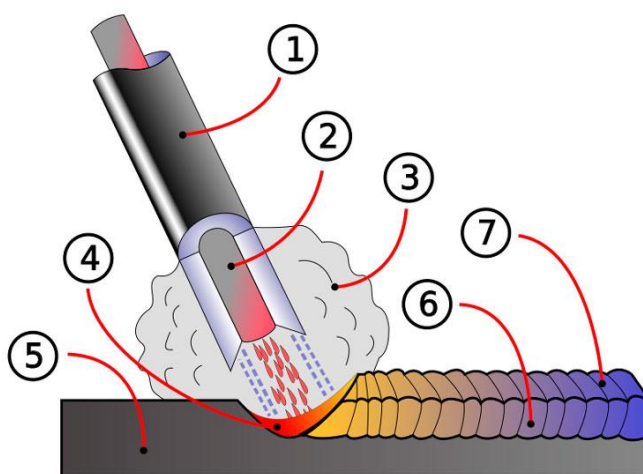
Электродуговая сварка благодаря простоте оборудования и ее высокой производительности получила наибольшее распространение в промышленности. При электродуговой сварке питание осуществляется как постоянным, так и переменным током. Чаще всего применяется сварка переменным током, так как оборудование для этого вида сварки значительно дешевле, имеет малую массу и габариты, проще в эксплуатации. Для сварки постоянным током используют сварочные генераторы, для сварки переменным током — сварочные трансформаторы.

Для производства электродуговой сварки необходимо иметь следующее оборудование и материалы: электроды, электродержатель, электрические кабели, защитный щиток или шлем, резиновые коврики, резиновые перчатки и подсобный инструмент (молоток, металлическую щетку, бородок и т. д.).

Электроды делятся на плавящиеся и неплавящиеся. К неплавящимся относятся угольные, графитные и вольфрамовые электроды. Угольные и графитовые электроды можно использовать только при сварке постоянным током стальных деталей малой толщины или при сварке цветных металлов. Вольфрамовые электроды применяются при сварке в среде защитного газа.

Плавящиеся электроды представляют собой металлические прутки $\varnothing 1—12$ мм и длиной до 500 мм. Для получения сварочного шва высокого качества электроды покрываются флюсующими веществами. Одним из способов защиты расплавленного металла от кислорода воздуха является применение обмазок электродов. Применяемые обмазки можно разделить на стабилизирующие и качественные. Стабилизирующие обмазки обеспечивают устойчивое горение дуги и состоят из мела, воды и жидкого стекла, наносятся на электрод окунанием с последующей сушкой при $18—20^{\circ}\text{C}$. Качественные обмазки защищают расплавленный металл от окисления и азотирования, а также легируют шов различными элементами.

Процесс электродуговой сварки, как и газовой, состоит из подготовки свариваемых поверхностей, выбора режима и производства сварки. Качество сварки зависит главным образом от правильно выбранного режима сварки. Сила тока при сварке зависит от толщины детали и свариваемого химического состава металла, диаметра электрода и типа его покрытия, рода тока, типа соединения и положения его в пространстве. С увеличением толщины детали необходимо увеличивать силу сварочного тока. Электрическую дугу возбуждают, прикасаясь концом электрода к сварочному изделию и быстро отводя его на 3—4 мм. После этого необходимо равномерно производить подачу электрода к детали, поддерживая короткую дугу (длина дуги должна быть не более диаметра электрода). Для правильного формирования шва электрод располагают под углом $15—20^{\circ}$ к вертикали в сторону движения. Кроме поступательных движений, ему придают поперечные колебательные и вращательные движения, что обеспечивает высокое качество сварки (рис. 1.10).



1 — электродное покрытие; 2 — электрод; 3 — защитный газ; 4 — место расплава металла; 5 — заготовка; 6, 7 — сварной шов

Рис. 1.10. Схема процесса электродуговой сварки



Электродуговую сварку подразделяют на два способа: Н. И. Бенардоса и Н. Г. Славянова.

По способу Бенардоса электрическая дуга возникает между угольным электродом и свариваемым изделием. Дуга расплавляет свариваемые кромки изделия и образует между ними общую ванночку, в которую вводят присадочный материал. По мере перемещения дуги вдоль соединения получается сварной шов. При этом способе сварки применяется постоянный ток. Электрод соединяется с минусом источника тока, основной металл — с плюсом. Сварку угольным электродом применяют для соединения тонких стальных изделий, твердых сплавов, цветных металлов.

При сварке по способу Славянова электрическая дуга возникает между металлическим электродом, закрепленным в держателе, и в свариваемом изделии. Сварка по способу Славянова осуществляется переменным и постоянным током. Способ Славянова более удобен и производительен, поэтому до 90% электродуговых сварочных работ производят по способу Славянова.